

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Geografie

Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Anna Junková

**ZTRÁTY VODY V POVODÍ LOUČENSKÉHO POTOKA A
BOUŘLIVCE A MOŽNOSTI JEJICH SNÍŽENÍ V OBDOBÍ
HYDROLOGICKÉHO SUCHA**

**Water losses in the Loučenský brook and Bouřlivce basins and the possibilities of their
reduction during the hydrological drought**

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.
Praha 2021

Zadání diplomové práce

Název práce

Ztráty vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce a možnosti jejich snížení v období hydrologického sucha

Water losses in the Loučenský brook and Bouřlivec basins and the possibilities of their reduction during the hydrological drought

Cíle práce

Hlavním cílem práce je vyhodnocení ztrát vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce a popis možností jejich snížení v období hydrologického sucha.

Dílními cíli jsou:

- Provedení literární rešerše na téma hydrologického sucha a přirozených ztrát vody v povodí
- Podrobné zmapování zájmového povodí
- Vyhodnocení hydrologického sucha v roce 2020 v zájmovém povodí
- Provedení podélného profilování průtoků
- Popis evidovaných dotací a odběrů vody v zájmovém povodí

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

V první části závěrečné práce je vypracována literární rešerše hydrologického sucha a přirozených ztrát vody v povodí. Představena je také fyzickogeografická charakteristika zájmového území, kterým je povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. V praktické části práce jsou detekovány ztráty vody v povodí především na základě podélného profilování průtoků a evidovaných odběrů vody. K měření průtoků v rámci podélného profilování byla využita především metoda přímého měření (objemová metoda) a metoda proměření rychlostního pole a plochy profilu pomocí FlowTrackeru. Evidované odběry i dotace vody byly popsány na základě databáze HEIS. Dále je analyzováno hydrologické sucho v roce 2020 v zájmovém území, k jehož vyhodnocení jsou využity průměrné roční průtoky, počty suchých dní a nedostatkové objemy. Dalšími metodikami využitými v této práci je metodika stanovení

výparu z volné vodní hladiny a metodika určení hydrologické bilance. Podnikem Povodí Ohře byla pro výzkum v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce poskytnuta klimatologická data o teplotě vzduchu a o srážkových úhrnech ze čtyř meteorologických stanic a hydrologická data o průtoku ze dvou limnigrafických stanic (LG Duchcov a LG Lahošť).

Datum zadání: 29. 11. 2019

Jméno studenta: Bc. Anna Junková

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

podpis

V Praze, 28. 7. 2021

.....

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D. za konstruktivní připomínky, náměty, vstřícný přístup a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat podniku Povodí Ohře za poskytnutá data, která byla nedílnou součástí pro zpracování této práce. Mé poděkování si také zaslouží Ing. Roman Wanie ze Severočeských dolů a. s. a Jaroslav Adámek z podniku Povodí Ohře za jejich cenné rady.

Abstrakt

Předložená diplomová práce se zabývá problematikou ztrát vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Tato závěrečná práce vznikla na základě projektu pro státní podnik Povodí Ohře, který se zabýval managementem hospodaření na těchto tocích. Loučenský potok a Bouřlivec jsou zdrojem vody pro vodní nádrž Všechlapy, která zajišťuje řadu funkcí v okolí nádrže. Vodní nádrž Všechlapy byla v posledních letech ohrožena hydrologickým suchem, které výrazně zasáhlo velkou část Česka. Z toho důvodu je nutné určit ztráty vody v povodí a zaměřit se na možné metody pro zajištění dostatečné hladiny vody v nádrži, která je potřebná k udržení všech hlavních funkcí. V první části práce jsou objasněna teoretická východiska, která se vztahují k dané problematice. V praktické části práce jsou detekovány ztráty vody v povodí především na základě podélného profilování průtoků a evidovaných odběrů vody. Měření průtoků proběhlo celkem na 43 profilech v pěti odlišných hydrologických podmínkách se zaměřením na suché období. Z výsledků vyplývá, že je potřeba hledat rezervy ve dvou oblastech. Zprvé v hospodaření na rybnících, kde se ukazuje, že se zde ztrácí značné množství vody v celém povodí a zadruhé v drobných odběratelích, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Přestože dochází i k jiným velmi významným ztrátám vody v povodí, tato voda je využívána a není možné tento odběr snížit. V neposlední řadě je popsáno hydrologické sucho v zájmovém povodí v roce 2020. V závěru práce je na základě těchto analýz vypracován návrh pravidel pro odběry vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Tato pravidla pak mohou posloužit podniku Povodí Ohře jako vhodný podklad pro snižování odběrů vody především v období hydrologického sucha.

Klíčová slova: hydrologické sucho, ztráta vody v povodí, odběr vody, podélné profilování průtoků

Abstract

This thesis deals with the problem of water losses in the Loučenský brook and Bouřlivec basins. It was written on the basis of a project for the state enterprise Povodí Ohře, which dealt with the management of these streams. Loučenský potok and Bouřlivec are the sources of water for the Všechlapy reservoir, which provides a number of functions in the reservoir surroundings. However, the Všechlapy reservoir has been threatened by hydrological drought in recent years. For this reason, it is necessary to determine the water losses in the basin and focus on possible methods to ensure that the reservoir has sufficient water levels to maintain all of its major functions. In the first part of the thesis, the theoretical background related to the issue is explained. In the practical part of the thesis, water losses in the basin are detected mainly on the basis of longitudinal profiling of flows and recorded water withdrawals. Flow measurements were carried out on a total of 43 profiles in five different hydrological conditions with a focus on the dry season. The results show that there is a need to look for reserves in two areas. Firstly, in the management of the ponds, where it appears that a significant amount of water is being lost throughout the basins, and secondly, in the small-scale users who draw water for their own use. Although there are other very significant losses of water in the basin, this water is being used and it is not possible to reduce these withdrawals. Last but not least, the hydrological drought in the basins of interest in 2020 is described. Based on these analyses, the paper concludes with a proposal for water abstraction rules in the basins of the Loučenský brook and Bouřlivec. These rules can then be used by the Povodí Ohře as a suitable basis for reducing water abstractions, especially in periods of hydrological drought.

Keywords: hydrological drought, water loss in the basin, water withdrawal, longitudinal flow profiling

Obsah

1	Úvod a cíle práce	10
2	Sucho	12
2.1	Definice a typy	12
2.2	Příčiny	15
2.2.1	Fyzickogeografické příčiny	15
2.2.2	Antropogenní příčiny	16
2.3	Dopady	17
2.4	Stav a vývoj sucha v Česku v posledních letech	19
3	Přírozené ztráty vody v povodí	21
3.1	Evapotranspirace	21
3.1.1	Faktory ovlivňující evapotranspiraci	22
3.1.2	Typy evapotranspirace	24
3.1.3	Určení evapotranspirace	24
3.1.4	Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny	25
3.2	Infiltrace	26
3.2.1	Určení infiltrace	27
4	Metodika a zdroje dat	29
4.1	Zdroje dat	29
4.1.1	Klimatologická data	30
4.1.2	Hydrologická data	33
4.2	Metodika mapování povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	34
4.3	Metodika stanovení hydrologické bilance	34
4.4	Metodika hodnocení hydrologického sucha	35
4.5	Metodika podélného profilování průtoků vody	36
4.6	Metodika stanovení výparu z vodních ploch	37
5	Fyzickogeografická charakteristika zájmového území	39
5.1	Geologická charakteristika	39
5.2	Geomorfologická charakteristika	42
5.3	Klimatická charakteristika	46
5.4	Hydrologická a hydrografická charakteristika	51
5.4.1	Hydrografická charakteristika povodí Loučenského potoka	53
5.4.2	Hydrografická charakteristika povodí Bouřlivce	57
5.4.3	Hydrologický režim povodí	60
5.4.4	Historie přeměny vodních toků	74
5.5	Hydrogeologická charakteristika	77
5.6	Pedologická charakteristika	78
5.7	Biogeografická charakteristika	81
6	Hydrologické sucho v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v roce 2020	83
6.1	Chod průměrných ročních průtoků	83
6.2	Počet suchých dní	86
6.3	Průběh hydrologického roku 2020	89
6.4	Nedostatkové objemy	91
7	Výsledky podélného profilování průtoků v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	95
7.1	Podélné profilování průtoků ze dne 27. května 2020	95
7.2	Podélné profilování průtoků ze dne 14. července 2020	101

7.3	Podélné profilování průtoků ze dne 10. září 2020	107
7.4	Podélné profilování průtoků z 25.–26. listopadu 2020.....	113
7.5	Podélné profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021.....	119
7.6	Shrnutí výsledků podélného profilování.....	129
8	Odběry a dotace vod v zájmovém povodí.....	133
8.1	Odběry povrchových i podzemních vod v zájmovém povodí.....	135
8.1.1	Odběry povrchových i podzemních vod v povodí Loučenského potoka	137
8.1.2	Odběry povrchových i podzemních vod v povodí Bouřlivce	138
8.2	Dotace povrchových vod	140
8.2.1	Dotace povrchových vod v povodí Loučenského potoka	141
8.2.2	Dotace povrchových vod v povodí Bouřlivce.....	145
9	Shrnutí výsledků a návrh pravidel pro odběry vody	148
9.1	Návrh pravidel pro odběry vody.....	149
10	Diskuze.....	151
11	Závěr.....	160
12	Seznam použité literatury a zdrojů.....	161
12.1	Zdroje mapových podkladů a další internetové zdroje	172
	Seznam zkratk	174
	Seznam obrázků	175
	Seznam tabulek	179

1 Úvod a cíle práce

Tato diplomová práce vznikla na základě projektu pro státní podnik Povodí Ohře, který se zabýval managementem hospodaření na Loučenském potoce a Bouřlivci. Jedná se o toky dotující vodní nádrž Vsechlapy. Jejím hlavním účelem je zajištění minimálního průtoku 10 l/s v Bouřlivci pod hrází. Vodní nádrž Vsechlapy také zajišťuje celoroční a souvislý odběr vody pro nedalekou elektrárnu Ledvice včetně schopnosti zadržení havarijní rezervy v období odstávky Labského vodovodu a zajištění možnosti celoročního souvislého odběru vody pro blízkou sklárnu AGC Flat Glass Czech. Tato přehradní nádrž též pomoci malé vodní elektrárny zajišťuje výrobu elektrické energie (Křivánek a kol. 2014). Mimo to slouží také ke snížení povodňových průtoků, k rybolovu a rekreačním účelům.

Vodní nádrž Vsechlapy byla v posledních letech ohrožena hydrologickým suchem, které zasáhlo velkou část území Česka. V letních obdobích let 2018 a 2019 musely být zastaveny odběry vody z nádrže, což mělo za následek nemalé hospodářské škody. Z toho důvodu je nutné určit ztráty vody v povodí a zaměřit se na možné metody, které by zajistily udržení dostatečné hladiny vody v nádrži, která je potřebná k udržení všech hlavních funkcí. Účelem této práce bylo pokusit se nalézt ztráty vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce, které společně s jinými faktory způsobují snižování hladiny vody ve VD Vsechlapy. Hlavním cílem bylo jejich zmapování a také popis možností jejich snížení v období hydrologického sucha. V rámci toho byl vytvořen návrh pravidel pro odběry vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Tato pravidla pak mohou posloužit podniku Povodí Ohře jako vhodný podklad pro snižování odběrů vody v období hydrologického sucha.

Závěrečná práce je strukturována do dvou hlavních částí. V první části je vypracována rešerše české i zahraniční odborné literatury. Rešerše se týká dvou hlavních témat, a to hydrologického sucha a přirozených ztrát vody v povodí. Nejprve jsou popsány jednotlivé přístupy definující stav sucha, dále jsou komplexně rozebrány jeho typy, fyzickogeografické a antropogenní příčiny a dopady nejen na vodní zdroje. Součástí této kapitoly je také stručné nastínění suché epizody, která se v Česku vyskytuje. Podrobná literární rešerše hydrologického sucha je uvedena v předchozí bakalářské práci, ze které je zároveň čerpáno (Junková 2019). Další popisující problematikou jsou přirozené ztráty vody v povodí jako je evapotranspirace, výpar z vodní hladiny a infiltrace. Podstatnou kapitolou první části je také podrobná fyzickogeografická charakteristika povodí Loučenského potoka a Bouřlivce.

V druhé části práce jsou nejprve popsány zdroje klimatologických a hydrologických dat a využití metodiky závěrečné práce. Stěžejní částí práce je vyhodnocení a vizualizace výsledků.

Nejprve je popsáno hydrologické sucho v roce 2020. To je vyhodnoceno na základě průměrných ročních průtoků, počtu suchých dní a nedostatkových objemů. Poté jsou uvedeny výsledky podélného profilování průtoků v povodí. Motivací tohoto terénního měření byly zejména odběry vody, které ovlivňují množství vody ve vodní nádrži Všechlapy. V neposlední řadě byly také podrobně popsány evidované odběry a dotace vod v zájmovém povodí, které také ovlivňují množství vody ve vodní nádrži Všechlapy. Poslední dvě části práce jsou věnované diskuzi a závěru.

2 Sucho

Přestože je sucho často využívaným pojmem, jeho definice není zcela jednoznačná. Obecně lze sucho definovat jako nedostatek vody oproti očekávanému množství v určité oblasti. Problematikou definice sucha se zabývalo mnoho autorů, například Dracup, Lee, Paulson (1980), Wilhite, Glantz (1985), Tallaksen, Madsen, Clausen (1997), Hisdal, Tallaksen (2000), Mishra, Singh (2010), nebo Van Loon, Van Lanen (2012). Podobná řešersní část je obsažena v bakalářské práci autora (Junková 2019).

2.1 Definice a typy

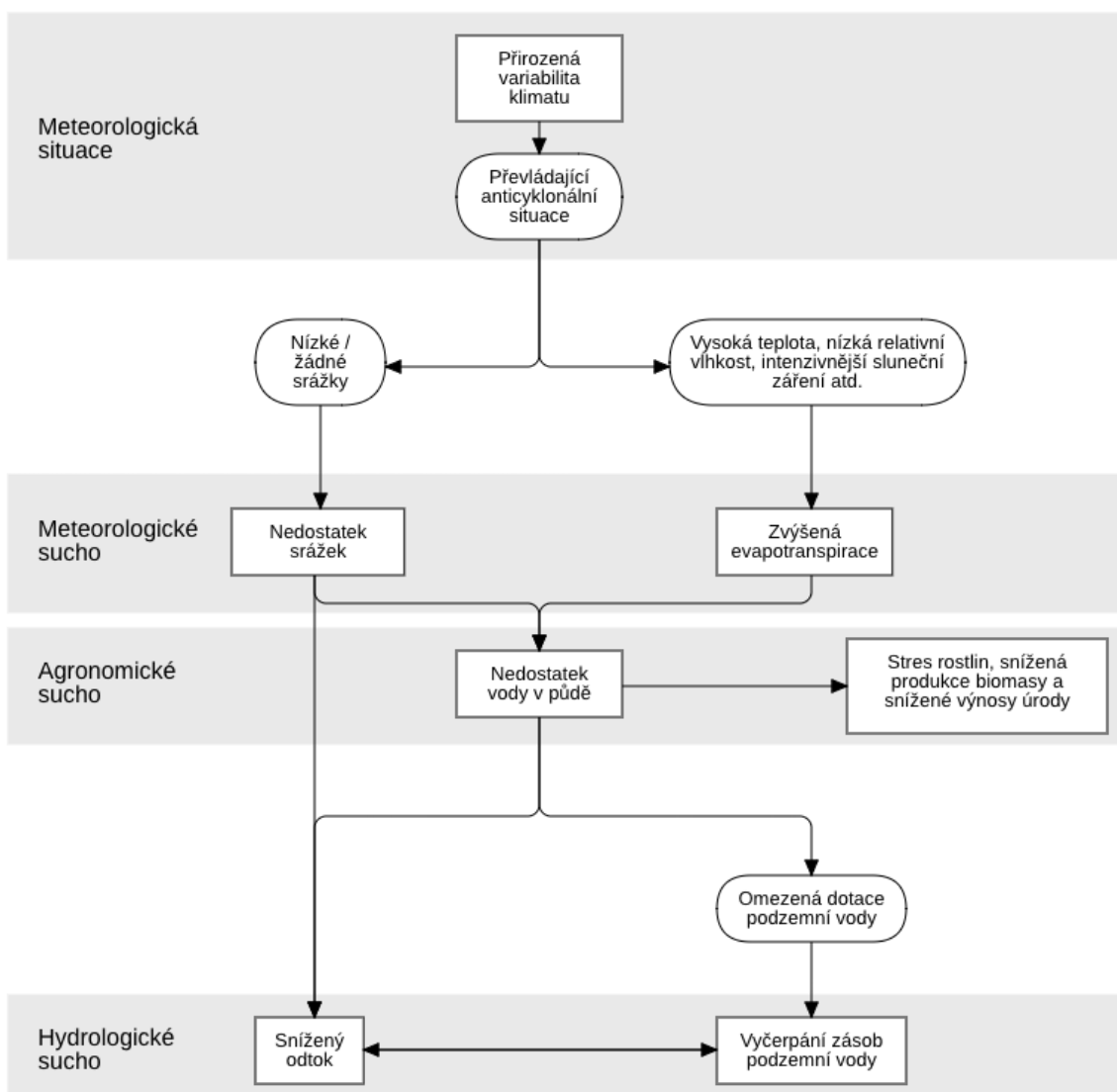
Velké množství příčin, délky trvání a dopadů způsobují, že sucho nelze vyjádřit jednotnou definicí. Wilhite, Glantz (1985) ve svém článku dokonce uvádí více než 150 definic sucha. Podle autorů Dracup, Lee, Paulson (1980) je problém definice sucha mimo jiné v množství studijních oborů, do kterých lze pojem zařadit. Na sucho lze nahlížet z pohledu meteorologie, hydrologie, zemědělství či ekonomie. Další překážkou v definování sucha je regionální diferenciaci, protože v různých klimatických oblastech se za sucho považuje jiná situace. Například na Bali nastává sucho po šesti dnech bez srážek, ale v Libyi až po dvou letech bez srážek (Hudston, Hazen 1964, cit. v Dracup, Lee, Paulson 1980, s. 297). Vlivem nejednotné definice je sucho charakterizováno různými způsoby. Brázdil, Trnka a kol. (2015) definují sucho jako zápornou vodní bilanci od klimatického normálu v dané oblasti během určitého časového intervalu. Podle Němce, Koppa a kol. (2009) nastane sucho poté, co není dostatek vody ve vodním zdroji pro účelovou potřebu určitého uživatele, jako je například zemědělec, průmyslový podnik nebo obyčejný odběratel pitné vody. Vlnas a kol. (2010) definují sucho jako nedostatek vody k naplnění určitých požadavků v daném místě a čase. NDMC (2019) definuje sucho jako normální opakující se projev klimatu, který je však zároveň nebezpečným přírodním jevem. Přestože je sucho přírodním jevem a lidé ho tedy nemohou ovládat, způsoby, jakými lidé s vodou hospodaří, značně zhoršují následky přírodního nedostatku vody. Podle Brázdila, Trnky a kol. (2015) může být sucho lidskou činností dokonce vyvoláno, a to odebráním většího množství vody, nevhodným hospodařením s vodou, nebo změnou krajinného pokryvu. NDMC (2019) a Mishra, Singh (2010) navíc zmiňují koncepční a funkční definice. Koncepční definice se zaměřují na relativní vyjádření sucha a funkční spíše na vznik, závažnost a ukončení sucha.

Sucho je obvykle členěno na sucho meteorologické, agronomické, hydrologické a socioekonomické. Jeho dělení je závislé především na časovém měřítku a dopadech sucha

(Brázdil, Trnka a kol. 2015). Meteorologické sucho vždy nastává jako první a poté s různým zpožděním nastávají další typy sucha. Meteorologické sucho je definováno nedostatkem srážkových úhrnů oproti průměrnému množství (ČHMÚ 2019). Dle Němce, Koppa a kol. (2009) je meteorologické sucho ovlivněno meteorologickými veličinami, které určují množství vody v krajině. Jedná se především o množství srážek a jejich časoprostorové rozložení, dále pak o veličiny ovlivňující evapotranspiraci, jako je teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru a sluneční záření. Tyto veličiny ovlivňující evapotranspiraci mohou sucho prohloubit, ale také zmírnit (ČHMÚ 2019) (více o evapotranspiraci v kapitole 3.1).

Po suchu meteorologickém nastává sucho agronomické, které podle Brázdila, Trnky a kol. (2015) trvá v měřítku týdnů až měsíců a nastává poměrně brzy po suchu meteorologickém. Agronomické sucho dle definice vzniká, pokud dostupné množství srážek není schopno pokrýt potřeby zemědělských kultur (Němec, Kopp a kol. 2009). Agronomické sucho je na rozdíl od sucha meteorologického závislé nejen na meteorologických faktorech, ale také na přírodních podmínkách, rozdílných reakcích, různých požadavcích pěstovaných rostlin a na odlišných způsobech hospodaření (Brázdil, Trnka a kol. 2015). V některých případech definice agronomického sucha zohledňuje i proměnlivou náchylnost plodin v různých fázích jejich vývoje (NDMC 2019). Vlivem velkého množství faktorů ovlivňující agronomické sucho je téměř nemožné vytvořit jednotnou definici. Rožnovský a kol. (2012) vyčleňují navíc sucho půdní a fyziologické, které je dáno nedostatkem vody pro potřeby jednotlivých druhů rostlin.

Pokud nepříznivé meteorologické podmínky přetrvávají, dochází k hydrologickému suchu. Tato situace nastává s určitým zpožděním po suchu meteorologickém. Hydrologické sucho se projevuje poklesem vodní hladiny v tocích, nádržích a jezerech, snížením vydatnosti pramenů a poklesem hladiny podzemní vody. Hydrologické sucho se vyvíjí postupně, protože povrchová voda je doplňována odtokem ze zásob podzemní vody. Tyto zásoby v podzemních vodách jsou velmi důležité a mohou značně ovlivnit vznik, konec i průběh hydrologického sucha (Vlnas a kol. 2010). Někteří autoři (například Hisdal, Tallaksen (2000) a Mishra, Singh (2010)) dokonce zvlášť vyčleňují podzemní sucho. Zajímavostí je, že kvůli retardačním faktorům se hydrologické sucho může objevovat i po odeznění meteorologického sucha. Zároveň při výskytu meteorologického sucha se nemusí projevovat sucho hydrologické (Rožnovský a kol. 2012). Hydrologické sucho se často vyskytuje nebo pokračuje i v zimním období s dostatkem srážek z důvodu akumulace srážek ve sněhové pokrývce a v ledu (Vlnas a kol. 2010). Postup sucha od meteorologických příčin až po sucho hydrologické je zobrazeno na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 : Postup sucha od meteorologické situace po hydrologické sucho (zdroj: Stahl (2001), upraveno autorem)

Posledním druhem, který se ne vždy zařazuje do dělení sucha, je sucho socioekonomické, které se zabývá především dopadem sucha meteorologického, agronomického a hydrologického na společnost a její hospodářské aktivity (Němec, Kopp a kol. 2009). Brázdil, Trnka a kol. (2015) uvádí, že socioekonomické sucho nastává poté, co výskyt sucha začíná negativně ovlivňovat celou společnost, mimo zemědělství (a s tím spojeného lesnictví) a vodní hospodářství. Podle Mishra, Singh (2010) nastane socioekonomické sucho poté, co poptávka po ekonomickém majetku překročí nabídku v důsledku nedostatku zásob vody. V krajních případech může nedostatek vody ovlivnit i celou ekonomiku či fungování společnosti (Brázdil, Trnka a kol. 2015). NDMC (2019) zvlášť vyčleňuje sucho ekonomické.

Rožnovský a kol. (2012) zmiňují navíc Thornthwaiteovu klasifikaci podnebí, která dělí události sucha na stálé, sezónní a nahodilé. Stálé sucho se objevuje v nejsušších klimatických pásech, sezónní převážně v oblastech monzunového podnebí a nahodilé sucho nastává v důsledku nepravidelně se vyskytujících období podnormálních srážek trvajících určitou dobu. U této klasifikace je však nutné podotknout, že stálé a sezónní sucho se vztahuje spíše k pojmu aridita, což je dlouhodobý charakter klimatu. Termínu sucho by tedy v této klasifikaci odpovídalo pouze sucho nahodilé. Němec, Kopp a kol. (2009) zmiňují také rozdělení „suchosti“ na nedostatek vody, sucho, ariditu a desertifikaci.

2.2 Příčiny

Sucho vzniká z velkého množství faktorů. Nejčastěji je příčinou sucha abnormální atmosférická cirkulace, která způsobí nedostatek srážek, a z toho důvodu je důležité znát běžné klimatické podmínky dané lokality (Blinka 2009). V poslední době je však čím dál výraznější role člověka, který může sucho ovlivňovat, nebo ho dokonce způsobit (Tallaksen, Van Lanen a kol. 2004). Příčiny sucha jsou tedy v této práci děleny na přírodní a antropogenní.

2.2.1 Fyzickogeografické příčiny

Základní příčinou sucha je nedostatek srážek, který je podle ČHMÚ (2019) definován srovnáním aktuálních srážkových poměrů k období dlouhodobému. U srážek však není důležité pouze jejich množství, ale také časoprostorové rozložení a jejich intenzita. Při nedostatku srážek nastává meteorologické sucho, na které vzápětí navazuje sucho zemědělské. Pokud nedostatek srážek pokračuje, vznikne sucho hydrologické. Všechny tyto typy mohou vést až k suchu socioekonomickému (Vlínas a kol. 2010). Brázdil, Trnka a kol. (2015, s. 197) tvrdí, že průměrná pole přízemního tlaku vzduchu v suchých měsících vykazují společné znaky s „výrazně vyvinutou oblastí Azorské tlakové výše a hřebenem vysokého tlaku vzduchu, který zasahuje do regionu střední a částečně i východní Evropy“. Nízký tlak vzduchu je typický v oblasti Severního moře, Skandinávie a východního Středomoří. Podle autorů jsou tyto synoptické situace v teplé části roku v Evropě vhodné pro počasí s nadprůměrnými teplotami vzduchu a podprůměrnými úhrny srážek. Déle lze také předpokládat, že srážky jsou častější během cyklonální situace než při anticyklonální, která přináší sušší počasí (Brádka 1972, cit. v Brázdil, Trnka a kol. 2015, s. 200). Vliv na místní srážky má nadmořská výška a expozice vzhledem k převládajícímu proudění (Rožnovský a kol. 2012).

Další významnou příčinou sucha je evapotranspirace. Jde o celkový výpar ze zemského povrchu do atmosféry, který se skládá z evaporace a transpirace. Podrobnější informace o evapotranspiraci jsou v kapitole 3.1. Důležitým faktorem ovlivňující sucho je také kapacita povodí, která určuje schopnost vodu zachytit a udržet. Je určena hydrogeologickými podmínkami, a proto povodí s podobnými vlastnostmi geologického podloží reagují na příčiny vzniku sucha podobně (Estrela a kol. 2001). Výskyt sucha může také ovlivnit pedologická skladba povodí. Výskyt sucha je například vyšší na písčitých půdách (Rožnovský 2010).

2.2.2 Antropogenní příčiny

V dnešní době jsou téměř všechny povodí ovlivněny člověkem. Sucho je antropogenně ovlivňováno například využíváním vodních zdrojů, znečištěním ovzduší emisemi, změnou krajinného pokryvu nebo erozí (Tallaksen, Van Lanen 2004). Podle Mishra, Singh (2010) lidská činnost nejenže ovlivňuje sucho, ale také ho může vyvolat. Někteří autoři také uvádí, že sucho bude nejspíše jedním z nejvýznamnějších problémů na našem území, které vyvolá změna klimatu způsobená člověkem (Eitzinger a kol. 2013, cit. v Brázdil, Trnka a kol. 2015). Sucho je posilováno, nebo dokonce vytvářeno, využíváním většího množství vody, než je příroda schopná doplnit, a to například nadměrným využíváním vody či nevhodným hospodařením (Brázdil, Trnka a kol. 2015). Vhodným příkladem ze světa může být Aralské jezero, o jehož problematice píše například White (2013) nebo Lee, Jung (2018). Aralské jezero v krátké době několikanásobně snížilo svou rozlohu i objem, a to především nevhodným hospodařením a nadměrným využíváním vody z jeho zdrojnic.

Podle Evropské agentury pro životní prostředí (2009) se v Evropě 44 % odebrané vody využívá pro energetiku, 24 % v zemědělství, 21 % na veřejné dodávky vody a 11 % v průmyslu. 81 % celkově odebrané vody v Evropě pochází z povrchových vod a zbylých 19 % z vod podzemních (Evropská agentura pro životní prostředí 2009). Naopak Tallaksen a Van Lanen (2004) tvrdí, že voda je obecně nejvíce vyžadována v průmyslových oblastech a při intenzivním zavlažování.

V rámci klimatické změny dochází k růstu teploty vzduchu, což dále podporuje evapotranspirace, která značně ovlivňuje vznik sucha (Němec, Kopp a kol. 2009). Daňhelka a kol. (2019) dále uvádí, že teplý vzduch je schopen pojmout větší množství vodní páry, a tím dochází k prohlubování nedostatku vody v krajině. Podle IPCC (2018) se globální průměrná teplota vzduchu zvýšila o 1,5 °C nad úroveň před industrializací. V Česku byl podle Vlnase a kol. (2010) za období 1975–2005 naměřen nárůst průměrné denní teploty o 1 °C. Změny

v teplotě vzduchu však nejsou rovnoměrně rozmístěné. V některých částech světa dokonce dochází k mírnému poklesu průměrné teploty vzduchu.

Výrazný vliv na sucho může mít také výstavba přehrad, která významně mění odtok pod přehradou. Obecný vliv přehrad na sucho, či odtok samotný, však neexistuje. Hlavním důvodem je velké množství typů přehrad s odlišnými regionálními a klimatickými podmínkami. Vliv mají také rozdílné počáteční podmínky v povodí. Přestože existují nedávné významné výzkumy týkající se vlivů přehrad na sucho, většinou existují jednotlivé případové studie. Existuje jen málo syntéz, které analyzují vliv přehrad obecně v různých regionech, klimatických zónách nebo typech přehrad (Magillian, Nislow 2005).

Sucho je také ovlivňováno změnou krajiny, která má vliv například na evapotranspiraci, infiltraci, retenci, intercepci, povrchový odtok, hladinu podzemní vody či regionální klima. Přírozená vegetace, v nejlepším případě les, má příznivé vlastnosti pro zvýšení retenční schopnosti krajiny a tím pádem i pro udržení vyrovnaného odtoku vody z povodí. Významné jsou také kořeny stromů a spodní rostlinné patro, které zvyšují drsnost povrchu půdy, čímž se zlepšuje jeho retenční schopnost (Chábera, Kössl 1999). V posledních staletích na našem území došlo k výrazné změně ve využití krajiny, a to především kvůli modernizaci společnosti a změně územní struktury. Největší vliv na odtokový režim měl nárůst urbanizovaných ploch, které značně ovlivňují množství vody v krajině a rychlost odtoku. V těchto oblastech je navíc nadměrně vysoká spotřeba vody. Velkou změnou ve využití krajiny bylo také postupné odlesňování, při kterém krajina ztrácí svou přírozenou schopnost potýkat se se suchem. Změnu v krajině způsobilo také odvodňování zamokřených pozemků pro získání nové orné půdy či ploch k zástavbě (Brázdil, Trnka a kol. 2015). Právě mokřady, bažiny, jezera a zvodně jsou proti suchu nejodolnější (Estrela a kol. 2001). Výrazně se také snížila rozloha původních lužních lesů (Brázdil, Trnka a kol. 2015).

2.3 Dopady

Přestože dopady sucha nejsou vždy příliš nápadné a kvantifikace škod bývá obtížná, podle některých studií jsou odhady ztrát způsobených suchem vyšší než u jiných přírodních ohrožení (Wilhite 2000, cit. v Blinka 2002, s. 33). Dopady sucha mají kumulativní charakter, jelikož intenzita sucha roste s dobou jeho trvání (Blinka 2002). Dopady sucha jsou navíc často prohlubovány kvůli rostoucí poptávce po vodě v období sucha (Mishra, Singh 2010). Sucho se vyvíjí postupně a jeho projevy a dopady se objevují s jistým zpožděním. Dopady meteorologického sucha se nejdříve projevují jako nedostatek půdní vlhkosti, poté dochází ke

snížení průtoků v tocích a následují poklesy stavu podzemních vod. Ve stejném pořadí sucho odeznívá (Daňhelka a kol. 2015). V poslední řadě se objevují důsledky ekonomické, environmentální a sociální. Do těchto kategorií dělí dopady sucha Trnka (2010), tedy na dopady ekonomické, environmentální a sociální.

Ekonomické dopady se dále rozdělují na přímé a nepřímé. Přímý ekonomický důsledek je samotná ztráta výnosu, či případné zadlužení. Nepřímý ekonomický dopad nastane, pokud chtějí podnikatelé postihnouti přímým ekonomickým důsledkem s touto situací pomoci a požadují úhradu ztrát po pojišťovnách nebo po státu. Kvůli ekonomickým dopadům může vzrůst nezaměstnanost a ztráta příjmů jak pro místní komunity, tak pro státní rozpočet. Environmentální dopady sucha zhoršují kvalitu vody, vlastnosti stanovišť, ohrožují biodiverzitu a jsou příčinou lesních požárů, degradace krajiny a půdní eroze. Zkoumání sociálních dopadů sucha se zaměřuje na veřejnou bezpečnost, ochranu zdraví, možné konflikty o vodní zdroje, nespravedlnost při rozdělování dopadů a ztrát způsobených suchem (Trnka 2010). Nejzávažnější sociální důsledky sucha se vyskytují v aridních nebo semiaridních oblastech, kde je již za normálních podmínek dostupnost vody nízká (Tallaksen, Van Lanen 2004).

Prvním ekonomickým sektorem postiženým suchem je obvykle zemědělství, které je ovlivněno agronomickým suchem (Trnka 2010). To je způsobeno zranitelností tohoto hospodářského odvětví, protože voda je jednou ze základních a nenahraditelných podmínek pro růst rostlin. V oblastech relativně dobře zásobených vodou snižuje sucho výnosy až o 15 %. Pro minimalizaci dopadů a ekonomických ztrát je potřeba detailnější pochopení problematiky agronomického sucha. To je však téměř nemožné, protože kvůli odlišnostem přírodních podmínek, rozdílným reakcím nebo požadavkům pěstovaných rostlin a odlišnému způsobu hospodaření nelze vytvořit jednotnou definici zemědělského sucha. Sucho zemědělský sektor ovlivňuje zhoršením podmínek při zakládání porostů, zvýšením nákladů na vodu pro závlahy, snížením výnosů, či zhoršením kvality produkovaného zboží. Sucho také podporuje degradaci půdy, zejména dehumifikaci a větrnou erozi. Větrná eroze je opomíjenou, avšak nejzávažnější formou degradace půdy, která ohrožuje v Česku 18 % půd a ochuzuje půdu o velmi cennou ornici. Dochází ke šterkovitosti půdy, ztrátě živin, humusu, osiv, sadby a poškození pěstovaných plodin. Půda a její úrodnost je však ohrožena také vodní erozí způsobenou přívalem deště po období sucha. Sucho také výrazně ovlivňuje lesnictví. Konkrétně působí negativně na růst stromů, omezuje tvorbu pupenů, ze kterých následně vznikají výhonky, a snižuje počet dřevinných druhů (Brázdil, Trnka a kol. 2015).

Sucho má dopady i v hydrologii, kdy během období sucha dochází k poklesu průtoků nebo k úplnému vyschnutí toku. Dopady hydrologického sucha jsou poté ovlivněny několika faktory, především srážkami, geomorfologickými, geologickými, pedologickými a vegetačními poměry (Vlnas a kol. 2010). Nejvýznamnějším dopadem snížení průtoku v tocích je kvalita vody. Ta je způsobena jak samotným znečišťováním vody, tak větší koncentrací znečišťujících látek ve vodě a nemožnosti ředit odtok větším objemem vody. Znečištěná voda poté ovlivňuje ekologické podmínky toku, možnost jejího využití jako pitnou vodu, odběry vody pro průmysl, energetiku, zemědělství a rekreaci (Brázdil, Trnka a kol. 2015). Vhodným příkladem je snížení vodní hladiny v nádrži Opatovice v roce 2017, u které klesl celkový objem z přibližně 9 000 000 m³ na zhruba 300 000 m³. Po této změně byly zaznamenány změny v chemismu i biologii nádrže, došlo ke zhoršení kyslíkového režimu, zvýšení koncentrace některých látek, jako je například mangan, železo nebo amoniak, a tvorbě vodního květu v letním období. Značně problematický je rozvoj biomasy sinic rodu *Microcystis*, nárůst koncentrace chlorofylu A a téměř kompletní vyčerpání dusičnanů. Všechny tyto změny mohou vést až ke změně trofického statusu nádrže (Geriš, Kosour 2018). Nedostatek vody a její znečištění negativně působí také na ekosystémy, u kterých může dojít k ovlivnění počtu jedinců daného druhu nebo samotné biodiverzity.

Kvůli suchu dochází také ke zhoršení zásobování obyvatelstva pitnou vodou. To je způsobeno jak samotným nedostatkem, tak zhoršenou kvalitou vody. PVK (2019) zmiňují také možnost popraskání potrubí způsobené suchem. Problémy nastávají také s odběrem vody potřebné jakosti pro průmysl a energetiku. V energetice mohou kvůli hydrologickému suchu nastat komplikace při chlazení tepelných elektráren, nebo může dojít k zastavení vodních elektráren, které nemohou při malých průtocích fungovat. Hydrologické sucho dále ovlivňuje rybolov, zvyšuje nebezpečí vzniku požáru a má negativní vliv na rekreaci (Brázdil, Trnka a kol. 2015).

2.4 Stav a vývoj sucha v Česku v posledních letech

Sucho je v posledních letech velmi diskutovaným tématem. Na našem území se vyskytuje minimálně od roku 2014, přestože některé zdroje uvádí, že počátky lze nalézt už v roce 2013 (Čekal 2018). Sucho má v tomto období efekt dlouhodobé kumulace srážkového deficitu. Ten se projevuje odlišně od běžného jednoletého sucha, které začíná suchem meteorologickým, pokračuje suchem agronomickým a je ukončeno suchem hydrologickým (viz obrázek č. 1). Sucho se nyní projevuje souběžným výskytem všech typů sucha najednou, protože

hydrologické sucho trvá minimálně od roku 2015. Kromě výrazného deficitu srážek měla na průběh sucha vliv i nadnormální teplota vzduchu, která významně zvyšovala intenzitu evapotranspirace. Podstatný podíl na vzniku a dopadech sucha měl i průběh zim. V zimních obdobích se netvořilo dostatečné množství sněhu v nižších polohách, které by doplnilo podzemní vody. V těchto oblastech poté nedošlo k výskytu významného tání a následného naplnění zásob podzemních vod. Vrcholy sucha v tomto období byly zaznamenány v roce 2015 a 2018 (Čekal 2018, Crhová a kol. 2020). O hydrologickém suchu v letech 2014 až 2018 v Česku pojednává autor ve své bakalářské práci (Junková 2019), nebo Čekal (2018).

Významný suchý rok byl také rok 2019, který byl druhým nejteplejším rokem za období od roku 1961 (po roce 2018). Deficit srážek v tomto roce v Čechách narostl oproti normálu o dalších 84 mm. Na Moravě se však snížil o 14 mm. Celkově deficit srážek v ČR dosáhl ke konci roku 485 mm, což je asi 70 % normálu ročních srážek. Celkový odtok z ČR byl přibližně na úrovni 65 % dlouhodobého průměru (1981–2010) (Fousová a kol. 2020).

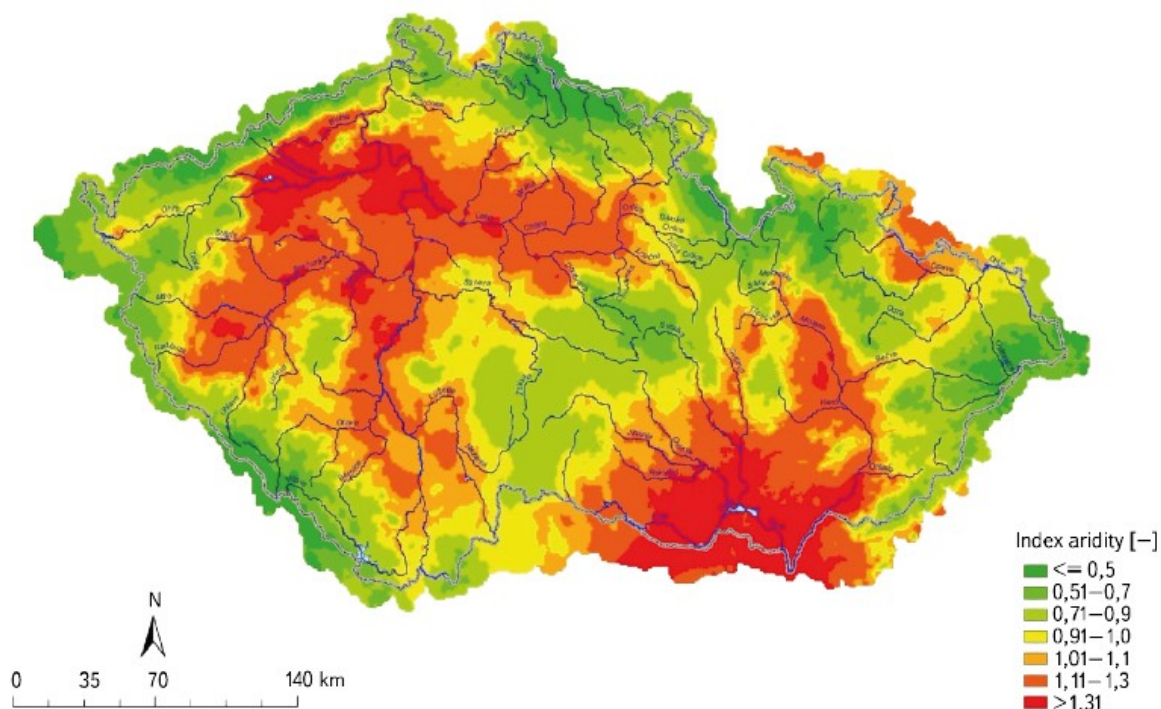
3 Přirozené ztráty vody v povodí

Různé ztráty vody v povodí jsou významnou součástí hydrologického cyklu. Mimo samotný odtok vody z povodí jsou nejvýznamnějšími činiteli, kteří způsobují ztráty vody v povodí, evapotranspirace a infiltrace. Tyto dva jevy jsou podrobně popsány v následujících kapitolách.

3.1 Evapotranspirace

Evapotranspirace je celkový výpar z krajiny. Jde o fyzikální proces přeměny vody z kapalné či pevné fáze na fázi plynnou. Evapotranspirace je zároveň primární proces, kterým se voda dostává do hydrologického cyklu. Název evapotranspirace vznikl spojením názvů dvou samostatných procesů – evaporace a transpirace. Evaporace je výpar z půdního a vodního povrchu a z povrchu vegetace (voda zachycena pomocí intercepce). Součástí evaporace je také sublimace. Transpirace je výdej vody z vegetace pomocí odpařování z cévního systému rostlin do atmosféry (Davie, Quinn 2019).

Evapotranspirace je mimo jiné významným faktorem ovlivňující vznik a průběh sucha. Pomocí roční potenciální evapotranspirace a průměrného ročního úhrnu srážek lze spočítat tzv. index aridity. Jeho rozložení v rámci Česka je znázorněno na obrázku č. 2. Příčinou sucha je v tomto případě větší množství vypařené vody evapotranspirací než úhrnu srážek. V posledních letech je význam evapotranspirace navíc zvyšován dopady klimatických změn. Vyšší teplota vzduchu způsobuje zvýšený úbytek vody výparem, který není dostatečně kompenzován srážkovými úhrny. Ty jsou víceméně stejné a nerovnoměrně rozložené (Šuhájková a kol. 2019).



Obrázek č. 2: Index aridity v Česku (zdroj: Šuhájková a kol. (2019))

3.1.1 Faktory ovlivňující evapotranspiraci

Míra evapotranspirace je velmi obtížně měřitelná, protože má značné denní i sezónní výkyvy a je závislá na mnoha faktorech. Mezi nejvýznamnější meteorologické parametry ovlivňující evapotranspiraci patří sluneční záření, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru, atmosférický tlak nebo skupenské teplo vypařování. Vlivem meteorologických činitelů na evapotranspiraci se zabýval například Matějka (1995). Dále hodnotu evapotranspirace značně ovlivňuje charakter vypařujícího se povrchu (Novák 1995).

Největším zdrojem energie pro výpar je již zmíněná sluneční radiace, která mimo jiné aktivuje hydrologický cyklus. Tomlain (1979) ve své publikaci uvádí, že na vypaření 1 gramu vody je třeba okolo 600 cal tepla. Množství sluneční energie dostupné k vypařování je ovlivněno lokalitou a ročním obdobím ovlivňující sklon dopadu slunečních paprsků. Radiační potenciál se tedy mění se zeměpisnou šířkou a roční dobou. Také je toto množství závislé na oblačnosti, protože oblaka část záření absorbují a odrážejí (Allen a kol. 1998). Dle Matějky (1995) změny v radiační bilanci aktivního povrchu ovlivňují evapotranspiraci nejvýznamněji.

Energie ze Slunce pohlcená atmosférou a teplo vyzařované ze Země dále ovlivňují teplotu vzduchu. Teplota vzduchu pak ovlivňuje evapotranspiraci tím, že předává energii

vegetaci. Z toho vyplývá, že za slunečného (radiačního) počasí se pro evapotranspiraci dostane více energie, než při chladném a zataženém počasí (Macounová 2007). Při dostatečném množství vody v půdě roste evapotranspirace lineárně s rostoucí teplotou vzduchu. Při poklesu obsahu vody v půdě však tento jev změny teploty vzduchu na evapotranspiraci mizí (Matějka 1995).

Dalším významným činitelem při evapotranspiraci je vlhkost vzduchu, a to především kvůli rozdílu mezi tlakem vodní páry ve vegetaci a na zemském povrchu a tlakem okolního vzduchu. V aridních oblastech s nízkou vlhkostí vzduchu je tedy při dostatečném množství vody výpar velmi intenzivní. Naopak ve vlhkých regionech vysoká vlhkost vzduchu evapotranspiraci snižuje, protože je vzduch blízko nasycení, a tak nemůže pojmout další vodu. Obsah vody ve vzduchu má také přímý vztah s teplotou vzduchu. Čím je vyšší teplota vzduchu, tím větší množství vodní páry je schopen pojmout a tím je hodnota tlaku nasycení vodní páry vyšší (Macounová 2007).

Výpar z krajiny je také závislý na rychlosti větru a vzdušné turbulenci. Rychlejší výměna vzduchu nad odpařovací plochou zvyšuje evapotranspiraci. Při výparu se vzduch nad vypařovací plochou stává nasyceným a pokud nebude tento nasycený vzduch pomocí větru nahrazen suchým vzduchem, klesá schopnost vzduchu přijímat vypařovanou vodní páru (Macounová 2007).

Dále je evapotranspirace ovlivněna atmosférickým tlakem. Ve vyšších nadmořských výškách se díky nízkému atmosférickému tlaku vypařování zvyšuje. Pro zjednodušení se počítá se stálým tlakem za teploty 20 °C (Macounová 2007).

Dalším faktorem ovlivňujícím evapotranspiraci je skupenské teplo vypařování. Jedná se o energii potřebnou k přeměně jednotky hmotnosti vody ze stavu kapalného do stavu plynného za konstantního tlaku a konstantní teploty. Hodnota skupenského tepla je závislá na teplotě vzduchu, a to tak, že se vzrůstající teplotou je potřeba méně energie na přeměnu (Macounová 2007).

Posledním zmíněným faktorem ovlivňujícím evapotranspiraci je charakter vypařujícího se povrchu. Ten je ovlivněn mnoha faktory jako například vlhkostí půdy, salinitou, obsahem živin v půdě, typem a druhem půdy, zastoupením rostlin, jejich hustotou nebo také expozicí a sklonem povrchu či nadmořskou výškou (Allen a kol. 1998, Malý 2009). Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících evapotranspiraci je vegetace. Její hodnota je ovlivněna typem vegetace, odrůdami, stádiem vývoje, výškou vegetace, odolností, reflexí, mírou zakrytí povrchu a kořenovým systémem rostlin (Allen a kol. 1998). Vegetace také dále ovlivňuje evapotranspiraci tím, že hustá vegetace je schopná zastínit půdu před slunečním zářením

a zabraňuje průniku větru (Wallace a kol. 1999). Výparem vody z rozdílných povrchů se podrobně zabýval například Novák (1995).

3.1.2 Typy evapotranspirace

Při výzkumu evapotranspirace je nutné řádně rozlišit její typy, a to především kvůli jiným přístupům k vlastnostem povrchu. Mezi základní typy patří aktuální a potenciální evapotranspirace (Davie, Quinn 2019). V této práci je také uvedena referenční evapotranspirace, která je často zaměňována za potenciální. Pojem referenční evapotranspirace vznikl právě díky nejasnostem u potenciální evapotranspirace (Matějka, Hortalová 2005).

Aktuální evapotranspirace představuje množství vody, které se skutečně odpaří. Stanovení aktuální evapotranspirace probíhá v reálných podmínkách, ale její měření je velmi obtížné (Davie, Quinn 2019).

Potenciální evapotranspirace je velikost evapotranspirace, která by nastala v daném místě pokrytém souvislým vegetačním porostem za dostatečného přísunu vody. Jde tedy o maximální možný výpar, proto jsou také hodnoty potenciální evapotranspirace vždy vyšší než hodnoty aktuální evapotranspirace. Největší rozdíly jsou hlavně ve vegetačním období, naopak v zimě jsou tyto hodnoty podobné. Potenciální evapotranspirace se také stanovuje mnohem jednodušeji než evapotranspirace aktuální (Rožnovský a kol. 2018).

Referenční evapotranspirace je evapotranspirace hypotetického povrchu. Hypotetickým povrchem je v tomto případě míněn povrch podobný standardnímu travnímu porostu, který má stanoveny určité parametry, jako je výška porostu, stálý povrchový odpor, konstantní hodnotu albeda a optimální zásobování srážkovou vodou. Z toho vyplývá, že ke stanovení referenční evapotranspirace není potřeba znalost typu vegetačního pokryvu a vlastností půdy. Tímto způsobem lze tedy snadno porovnávat relativně odlišné oblasti (Tolasz a kol. 2007). Analýzou algoritmů výpočtu referenční evapotranspirace se ve své práci podrobně zabývá Kohut (2005).

3.1.3 Určení evapotranspirace

Evapotranspirace je velmi složitý fyzikální proces. To má za následek, že na rozdíl od mnoha meteorologických prvků je měření této veličiny náročné a nákladné (Kříž 1966). Intenzita výparu a její časová proměnlivost se také značně liší v jednotlivých lokalitách, což je dáno proměnlivostí ostatních meteorologických prvků (Monteith, Unsworth 1990). Bylo zjištěno, že roční dynamika výparu také významně klesá s růstem nadmořské výšky, podobně jako dlouhodobé průměrné úhrny výparu (Rožnovský a kol. 2018). Výpočet evapotranspirace je

mimo jiné celosvětově velmi důležitý v zemědělství pro výpočet závlahových dávek (Bos a kol. 1996, Penman 1948). Dnes známé metody se dělí na dvě skupiny – přímé a nepřímé. Problematikou určování evapotranspirace se ve své práci zabývala například Macounová (2007), či Novák (1995).

Jednou z možností přímého měření je pomocí lyzimetru, který je založen na změně hmotnosti bloku půdy a vegetace (Novák 1995). Metoda přímého měření pomocí lyzimetru je však poměrně zastaralá a zároveň drahá na provoz (Šereš 2011). Právě kvůli tomu často dochází k zjišťování evapotranspirace za pomoci výpočtů nebo hydrologických modelů. Existuje mnoho odvozených vztahů, které využívají meteorologické charakteristiky a doplňující informace o zájmovém území. Pro výběr je rozhodující, jaký časový interval je používán a o jaký vypařující povrch se jedná (Litschman 2005). Významná je také přesnost, kterou vyžadujeme. Často je ve výpočtu také dominantní určitý faktor, například radiační bilance v Penmanově metodě (Novák 1995). Mezi nejznámější metody patří již zmíněná Penmanova rovnice, nebo upravená Penman–Monteithova rovnice. K nejjednodušším rovnicím se řadí Oudinova rovnice, která na základě hodnot teploty vzduchu a extraterestrické radiace určuje potenciální evapotranspiraci (Kofroňová 2014, Možný 2005).

3.1.4 Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny

Výpar z vodní hladiny, jako součást evapotranspirace, je jednou ze základních složek oběhu vody v přírodě. Významně ovlivňuje celkovou hydrologickou bilanci, a to především v období sucha. Jeho průměrná hodnota se v průběhu let mění vlivem klimatické změny, stejně jako je tomu u dalších prvků hydrologické bilance. Na povodích s vyšším zastoupením vodních ploch je tedy zapotřebí určení hodnoty výparu z volné vodní hladiny (Šuhájková a kol. 2019).

V některých případech mohou malé vodní nádrže a rybníky v období sucha přispívat k nadlepšení průtoku. Často však dochází k nežádoucímu odpařování velkého množství vody a místo nadlepšování průtoku v období sucha tedy dochází k prohlubování sucha. Rybníky a vodní nádrže, které přispívají k nadlepšení průtoku, navíc nemohou být využity k chovu ryb. Efekt vodních nádrží na hydrologické sucho je tedy závislý na tom, zda v období sucha srážky, které na hladinu dopadnou, jsou větší než výpar z vodní hladiny (Beran a kol. 2019).

Pozorování výparu z vodní hladiny je stejně jako u evapotranspirace poměrně náročné, a to především na údržbu a obsluhu výparoměrných stanic (Beran 2019). Běžná výparoměrná zařízení navíc neudávají výpar, ale tzv. výparnost, která bývá zpravidla vyšší než skutečný výpar (Szeicz, Long 1969). Z těchto důvodů není toto měření prováděno běžně a dává se

přednost dopočítáváním ze vzorců na základě závislosti na dalších dostupných měřených meteorologických veličinách či podle nadmořské výšky. Z meteorologických veličin jsou nejvyužívanějšími teplota vzduchu, teplota hladiny vody, relativní vlhkost vzduchu, globální sluneční radiace a rychlost větru. Přestože výpar z vodní hladiny pravděpodobně nejvíce koreluje s globální sluneční radiací, nejsnadněji měřitelnou a nejčastěji využívanou veličinou je teplota vzduchu. Závislostí výparu na jednotlivých meteorologických veličinách se zabývá například Beran, Vizina (2013), Možný (2003), Gash, Shuttleworth (2007), nebo Penman (1948). Nejčastěji využívanou metodou pro výpočet výparu z volné vodní hladiny v Česku je metoda dle Šuhájkové a kol. (2019). Výhodou této metody je, že výpočet vyžaduje pouze hodnoty teploty vzduchu.

3.2 Infiltrace

Infiltrace je definována jako proces, při kterém srážková voda, případně i voda z jiných zdrojů (břehová infiltrace, infiltrace ze zavlažovacích systémů apod.), vstupuje do půdního prostředí nebo do dobře propustných hornin. Jedná se o nejdůležitější způsob vzniku podzemní vody a o významnou součást koloběhu vody (Duben 2014). Kromě obohacování zásob podzemní vody se infiltrovaná voda může pohybovat také v zóně aerace a vytvářet tzv. hypodermální odtok (Blažek a kol. 2006). Infiltrace je důležitým tématem nejen v hydrologii, ale také například v zemědělství (vzhledem k zavlažování půdy), nebo v geotechnickém či geologickém inženýrství, kde úzce souvisí s erozí půdy a stabilitou svahu (Cheng a kol. 2021).

Infiltrace je značně variabilní proces, který může být ovlivněn místními i časovými podmínkami. Na infiltraci mají vliv různé faktory, jako je předchozí obsah vody v půdě, objem a kvalita pórů v půdě, teplota, zhutnění půdy, a především pak typ půdy (Duben 2014, Cheng a kol. 2021, Janglová, Kvítek, Novák 2003). Vzhledem k typologii půd mají velkou infiltrační schopnost například písčité půdy, naopak sníženou schopnost infiltrace mají utužené jílovité půdy, zejména pokud je utužena povrchová vrstva (Daňhelka 2007). Zvláštní vliv na infiltraci mají také zpevněné plochy, které infiltraci snižují a zvyšují povrchový odtok.

Infiltrace se dělí na přirozenou a umělou. Při přirozené infiltraci se vsakuje voda z přírodních zdrojů – ze srážek, z povrchových vod nebo z roztátého sněhu. Umělá infiltrace je pak vyvolána umělým zaplavením povrchu země a má za cíl především vytvoření zásoby kvalitní podzemní vody. Výhodou umělé infiltrace je, že přeměnou vody povrchové na vodu podzemní dochází ke zlepšení fyzikálních, chemických i biologických vlastností vody. Účelem umělé infiltrace může být také zpomalení odtoku povrchových vod (Skalický 2015).

Rychlost, jakou proniká určité množství vody do půdního profilu za určité časové období, je označována jako tzv. infiltrační rychlost (Duben 2014). Vysoká rychlost infiltrace se nachází v suchých půdách a klesá v závislosti na zvyšujícím se množství srážek (Kutílek 1978). Mu a kol. (2015) ve své práci uvedli, že rychlost infiltrace může být značně snížena krustou, která se tvoří na povrchu degradované půdy především po větších deštích s následným obdobím sucha.

Množství vody, které je půda schopna infiltrovat, udává tzv. infiltrační kapacita. Při vyčerpání infiltrační kapacity půda již není schopna další vodu pojmout a dochází k její akumulaci na povrchu. Z toho vyplývá, že infiltrační kapacita je limitujícím faktorem infiltrační rychlosti. Hodnota infiltrační kapacity je závislá především na půdním typu (Duben 2014). Vysokou infiltrační kapacitu mají hluboké, dobře vyvinuté půdy s významným organickým horizontem, který váže velké množství vody a nemá tendenci tvořit krusty. Vysokou infiltrační kapacitu mají také jílovité půdy, nicméně mívají sníženou schopnost infiltrace vody. Naopak písčité půdy, přestože mají vysokou infiltrační schopnost, mají relativně malou infiltrační kapacitu, protože voda půdou proteče rychle do podloží. Infiltrační kapacitu snižuje také skeletovitost půdy (Mu a kol. 2015). Množství zadržené vody v půdě závisí také na sklonu svahu, kdy s rostoucím sklonem svahu klesá podíl infiltrované vody. Dle Kutílka (1978) je celkový objem vody zadržený v půdě vyšší, než objem vody v nádržích a vodních tocích na povrchu. To dokazuje, že podpovrchová voda má v hydrologickém režimu velmi významnou roli.

3.2.1 Určení infiltrace

Infiltrace se dá stanovit pomocí terénních nebo laboratorních metod. Pro laboratorní měření je nutný odběr půdních vzorků, u kterých se následně měří rychlost průchodu vody pomocí různých filtračních zařízení. Výsledky však často nejsou zcela přesné, jelikož odebraný půdní vzorek není zcela reprezentativní. Terénní metody se dělí na dvě skupiny podle toho, zda se ke stanovení infiltrace využívá nebo nevyužívá hladina podzemní vody. Pokud se v povodí vyskytuje dostupná hladina podzemní vody, využívají se sondážní měření, nebo čerpací zkoušky z vrtů. Pokud však hladina podzemní vody není dostupná, využívají se nejčastěji infiltrometry či dešťové simulátory. Základními typy infiltrometru jsou dvouválcový a tlakový infiltrometr (Duben 2014).

Pohyb vody v půdě se dá vyjádřit také řadou matematických aproximací, které vyjadřují nejčastěji rychlost proudění. Nejznámějšími rovnicemi jsou Darcyho rovnice, na tu navazující Darcy–Buckinghamova rovnice nebo také Richardsova rovnice (Kutílek 1978, Duben 2014).

4 Metodika a zdroje dat

4.1 Zdroje dat

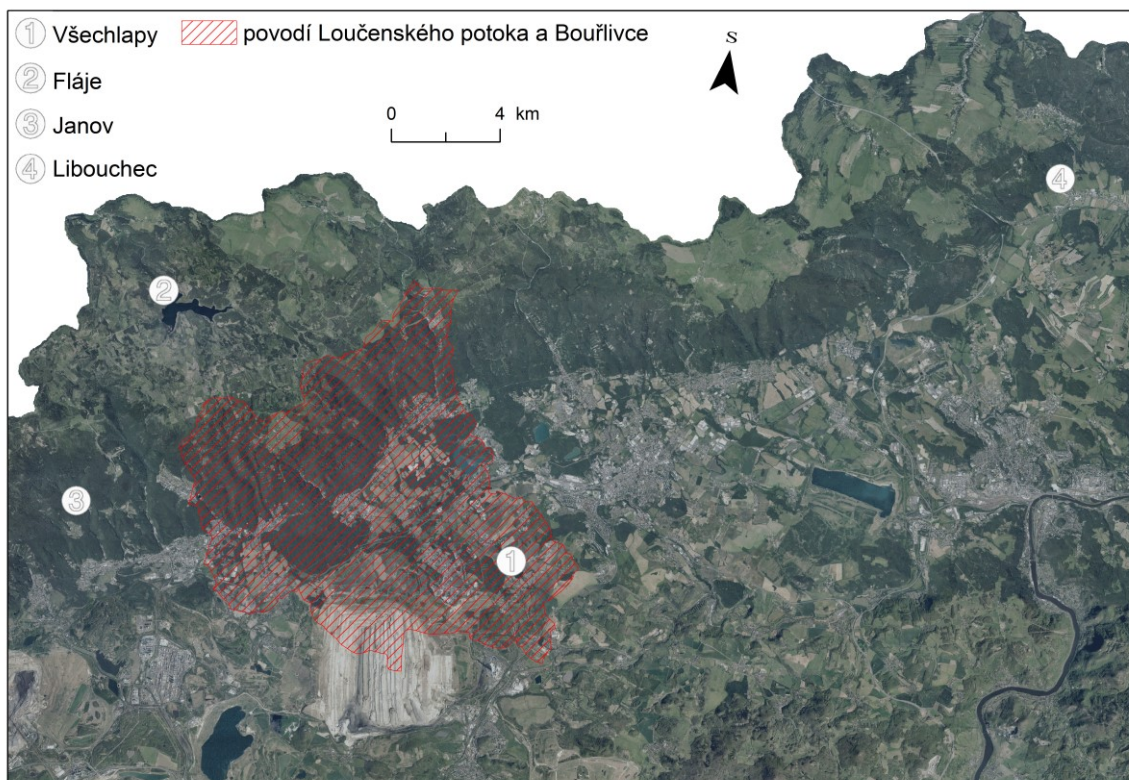
Podnikem Povodí Ohře byla pro výzkum v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce poskytnuta klimatologická data o teplotě vzduchu a o srážkových úhrnech ze čtyř meteorologických stanic a hydrologická data o průtoku ze dvou limnigrafických stanic. Seznam měřících stanic společně s přesnou lokalizací, typem měřící stanice a obdobím zaznamenaného měření je zobrazen v tabulce č. 1. Dále byly poskytnuty informace o bilancovaném přítoku do VD Vsechlapy a o odtoku z nadvýroby z ÚV v Meziboří.

Tabulka č. 1: Seznam meteorologických a hydrologických stanic (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

název stanice	souřadnice		nadmořská výška [m]	typ měřící stanice	dostupná měření ¹
	X (S–JTSK Křovák EN)	Y (S–JTSK Křovák EN)			
Lahošť	-780564	-978023	216	hydrologická	od 13. 4. 2005 do 31. 10. 2020
Duchcov	-780721	-978355	225	hydrologická	od 13. 4. 2005 do 31. 10. 2020
Vsechlapy	-779722	-979242	216	meteorologická	od 1. 11. 1994 do 31. 10. 2020 (S) od 27. 11. 2001 do 31. 10. 2020 (T)
Fláje	-792176	-968576	739	meteorologická	od 1. 11. 1994 do 31. 10. 2020 (S) od 27. 11. 2001 do 31. 10. 2020 (T)
Janov	-795278	-976664	492	meteorologická	od 13. 4. 2005 do 31. 10. 2020 (S+T)
Libouchec	-760368	-965958	378	meteorologická	od 13. 4. 2005 do 31. 10. 2020 (S+T)

Z meteorologických stanic se v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce nachází pouze stanice Vsechlapy. Ostatní tři meteorologické stanice se nacházejí mimo zájmové povodí. Lokalizace klimatických stanic je znázorněna na obrázku č. 3.

¹ Písmeny S (srážky) a T (teplota) jsou označena dostupná měření zmíněných meteorologických prvků pro konkrétní stanici. Dostupná měření jsou zaznamenána včetně výpadků v měření.



Obrázek č. 3: Lokalizace využitých meteorologických stanic (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze DIBAVOD a ČÚZK)

Data pro analýzu evidovaných odběrů a dotací vody v povodí byla čerpána z databáze HEIS (Hydroekologický informační systém VÚV TGM). Jednotlivé odběry povrchové a podzemní vody jsou zde evidovány od 6 000 m³ ročně nebo 500 m³ měsíčně. Data jsou dostupná ve většině případů od roku 2015 do roku 2019. Mimo množství odebraných/vypuštěných vod [m³] a průměrného množství odebíraných/vypouštěných vod [l/s] jsou zde také informace o přesné poloze, názvu a typu objektu, druhu užívání vody, povoleném maximálním odebíraném/vypouštěném množství nebo například o platnosti daného rozhodnutí. U vypouštěných vod je sledována také jejich jakost.

4.1.1 Klimatologická data

Klimatologická data obsahují zaznamenané denní průměrné úhrny srážek v mm a denní průměrné hodnoty teploty vzduchu ve °C z výše zmíněných meteorologických stanic. Konkrétně se jedná o měřicí stanice Všechlapy, Fláje, Janov a Libouchec. Jednotlivé datové řady jsou poměrně krátkého trvání s řadou chybějících hodnot způsobených výpadky v měření s dobou trvání od jednoho dne až po více než jeden měsíc. Takto jsou postiženy především

časové řady teploty vzduchu. Výpadky delšího časového trvání v řádu měsíců byly doplněny za pomoci metody lineární regrese. Výpadky v řádu dnů byly při zpracování dat zanedbány.

Časové horizonty měření se na jednotlivých stanicích liší. U některých stanic jsou data dostupná z období, kdy na ostatních stanicích ještě k měření nedocházelo. Jedná se o stanice Vsechlapy a Fláje, kde jsou data z měření srážek k dispozici již od roku 1994. U ostatních stanic se začalo s měřením srážek až v roce 2005. Teplotní řady jsou rovněž na stanicích Vsechlapy a Fláje zaznamenávány o několik let dříve, než je tomu na stanicích Janov a Libouchec. S měřením teploty vzduchu se začalo na stanicích Vsechlapy a Fláje koncem roku 2001. Na stanicích Janov a Libouchec se teplota vzduchu zaznamenává od roku 2005.

Pro následné analýzy a názornější vyhodnocení byla data denních průměrných hodnot přepočítána za pomoci sumarizace a aritmetického průměru na měsíční průměrné hodnoty teplot vzduchu a celkové měsíční hodnoty úhrnu srážek. Následně došlo stejným způsobem rovněž k převedení údajů měsíčních hodnot na roční průměrné hodnoty teplot vzduchu a celkové roční hodnoty úhrnu srážek. Při analýzách se pracovalo v rámci hydrologických let. To znamená, že roky, pro které nebyla dostupná data za celý hydrologický rok, byly z analýzy vyřazeny. Jedná se o hydrologický rok 2005 na stanicích Janov a Libouchec, pro který byla dostupná data pouze za měsíce duben až říjen.

Pro analýzu klimatických poměrů v povodí byla dostupná data z měřicí stanice Vsechlapy, která je situována na pravém břehu u hráze stejnojmenné přehradní nádrže v nadmořské výšce 216 m. Klimatická řada dat o srážkách je k dispozici od 1. 11. 1994 do 31. 10. 2020. Tato řada dat patří k nejdelší a nejúplnější datové řadě. Údaj pro srážky chybí za celé období pouze u jednoho dne, a to 31. 10. 2018. Data o teplotě vzduchu jsou dostupná od 27. 11. 2001 do 31. 10. 2020. V této řadě chyběla data v řádu jednotek dnů během celého zkoumaného období. V tomto případě byly chybějící denní údaje v následných analýzách zanedbány.

Klimatická stanice Fláje, nacházející se v nadmořské výšce 739 m, je umístěna u hráze stejnojmenné přehradní nádrže. Tato stanice zaznamenává data o srážkách rovněž od 1. 11. 1994 do 31. 10. 2020. Stejně jako u klimatické stanice Vsechlapy zde nebyl zaznamenán údaj o množství srážek pouze 31. 10. 2018. Více chybějících dat v řádu několika dnů obsahuje datová řada teploty vzduchu. Tyto chybějící údaje byly v následujících analýzách rovněž zanedbány.

Klimatická stanice Janov se nachází u stejnojmenné vodárenské přehradní nádrže v povodí Loupnice, v nadmořské výšce 492 m. Data o srážkách i teplotách vzduchu jsou k dispozici od 13. 4. 2005 do 31. 10. 2020. Stejně jako u předchozích klimatických stanic zde

z celé poskytnuté datové řady chybí data o srážkách ze dne 31. 10. 2018. Data o teplotě vzduchu nejsou k dispozici za několik dnů, a to především v roce 2013. V roce 2010 pak chybí data o teplotě vzduchu za období od 1. července do 19. srpna. Více než měsíční výpadek dat v červenci a v srpnu roku 2010 již nelze z hlediska následujících analýz opomenout.

Klimatická stanice Libouchec je situována v povodí Jílovského potoka v nadmořské výšce 378 m. Data o srážkách i teplotách vzduchu jsou k dispozici od 13. 4. 2005 do 31. 10. 2020. Ani tato datová řada však není kompletní. Data o teplotě vzduchu nejsou na této klimatické stanici k dispozici v řádu jednotek dnů během celého zkoumaného hydrologického období. V případě dat o srážkách se vždy jedná pouze o jednodenní výpadky. Po datové řadě z klimatické stanice Všechny se jedná o druhou nejkomplexnější datovou řadu z poskytnutých dat.

Chybějící údaje v časových řadách lze řešit různými způsoby. Ekeu-wei, Blackburn a Pedruco (2018) uvádějí hned několik přístupů k doplnění chybějících hodnot pomocí metod statistických a empirických. Statistické metody se zaměřují na vyplňování dat simulací trendů nebo vzorců v rámci dostupných datových řad pomocí metod, jako je regresní analýza, aritmetický průměr případně interpolace, nebo využití umělé neuronové sítě. Další tradiční přístup zahrnuje úplné odstranění neúplných záznamů. Ačkoliv je tato metoda obvykle výhodná, musíme počítat s celkovým snížením velikosti vzorku, čímž může dojít ke zkreslení a snížení přesnosti standardních statistických postupů. V našem případě je tato metoda z hlediska již tak krátké časové řady nevhodná. Empirické metody pro odhad hodnot vyžadují datové sady z měřicích stanic vyskytujících se poblíž zájmové oblasti, ale i další datové sady jako jsou digitální výškové modely, nebo satelitní snímky. Tento postup lze aplikovat v rozsáhlých oblastech bez možnosti získávání relevantních dat z pozemních měřicích přístrojů.

V této práci byla pro doplnění chybějících měsíčních hodnot využita metoda lineární regrese. Princip této statistické metody spočívá v získání předpisu (rovnice s předpisem ve tvaru $y = a + bx$), pomocí kterého následně budeme schopni předpovědět vztah dvou proměnných, ve kterém závislá proměnná y (odezva) závisí na nezávislé proměnné x (prediktor), za předpokladu existence příčinné souvislosti mezi proměnnými (Kladivo 2013). V našem případě závislé proměnné představovaly řady, které potřebovaly doplnit. Pro dopočet červencové hodnoty teploty vzduchu za rok 2010 na klimatické stanici Janov byly využity údaje ze stanice Janov pro měsíc červenec za roky 2006 až 2020. Tyto údaje byly vyneseny do grafu společně s hodnotami pro měsíc červenec za roky 2006 až 2020 ze stanice Fláje, která představuje jedinou relevantní stanici pro dopočet dat. Poté došlo k proložení nově vytvořeného grafu lineární spojnici trendu. Na základě předpisové rovnice mohlo následně dojít k dopočítání

hodnoty teploty vzduchu za měsíc červenec roku 2010. Stejný postup byl aplikován i v případě dopočítání hodnoty teploty vzduchu za měsíc srpen roku 2010.

4.1.2 Hydrologická data

Podnikem povodí Ohře byly poskytnuty také datové řady denních průměrných hodnot průtoku z limnigrafu Lahošť na Bouřlivci a limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce, datové řady o bilancovaném přítoku do VD Všechlapy a hodnoty odtoku z nadvýroby z úpravny vody v Meziboří. Z jednotlivých datových řad došlo následně k výpočtu průměrných měsíčních a průměrných ročních hodnot, které byly využity při následných analýzách.

Na rozdíl od meteorologických řad jsou hydrologické řady v denním kroku víceméně kompletní. Výjimku tvoří data z limnigrafické stanice Lahošť, nacházející se v oblasti říčního kilometru 5,778 na vodním toku Bouřlivec, u které došlo od 13. 8. 2013 do 16. 1. 2014 k rekonstrukci limnigrafu. Hodnoty průtoků tak nebyly v této době zaznamenávány. Kromě zmíněného výpadku v měření jsou k dispozici hodnoty průtoků z limnigrafické stanice Lahošť na Bouřlivci od 1. 11. 2005 do 31. 10. 2020.

Limnigrafická stanice Duchcov se nachází v oblasti říčního kilometru 0,653 Loučenského potoka v nadmořské výšce 225 m. Datová řada o průtoku je k dispozici od 1. 11. 2005 do 31. 10. 2020. Datová řada je přerušena ve dnech 1. 2. 2012 až 19. 2. 2012, kdy došlo k zámrazu koryta v místě limnigrafu.

Dále byla poskytnuta data odtoku z nadvýroby z ÚV v Meziboří. Odtok napájí Poustevnický potok, který následně ústí do potoka Radčického. Vypouštění vod z nadvýroby je během roku nepravidelné. K dispozici byly průměrné denní hodnoty průtoku z období od 1. 11. 2005 do 31. 10. 2020. Do 14. 10. 2014 se jedná o okamžité nahlášené hodnoty obsluhou v Meziboří k 7. hodině ránní a od 15. 10. 2014 se jedná již o datové řady průměrného denního odtoku. Kromě vod z nadvýroby je do Poustevnického potoka rovněž vypouštěna odsazená voda z kalového hospodářství (Fedor a kol. 2016).

K dispozici byla také datová řada bilancovaného přítoku do VD Všechlapy. Ta však v této diplomové práci nebyla přímo využita.

Na rozdíl od meteorologických řad nedošlo u hydrologických datových řad k jejich doplnění z důvodu velkého množství chybějících kontinuálně neměřených dat (po dobu tří měsíců) a absenci jiné měřicí stanice, nacházející se v daném povodí. V případě doplnění datové řady pomocí stanice nacházející se v jiném povodí, by mohlo dojít ke zkreslení získaných výsledků. Proto bylo od tohoto kroku upuštěno.

4.2 Metodika mapování povodí Loučenského potoka a Bouřlivce

Jedním z cílů této diplomové práce bylo zmapování hydrografie povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Hydrologická data pro vytvoření mapy povodí byla použita z více zdrojů. Prvním a základním zdrojem dat byla databáze DIBAVOD. Tyto data pak byla obohacena informacemi poskytnutými podnikem Povodí Ohře. Oblasti s nejasným průběhem vodních toků a vzájemným propojením toků v rybníčních soustavách poté byly rekognoskovány v terénu. Informace o hydrologické situaci v nepřístupné oblasti v předpolí lomu Bílina a blízkého okolí byly poskytnuty a konzultovány s pracovníky Severočeských dolů a.s.

4.3 Metodika stanovení hydrologické bilance

Pro stanovení hydrologické bilance byly využity především roční úhrny srážek dopadající na povodí [mm/den] a odtoková výška [mm/den]. Povodí Bouřlivce je v rámci hydrologické bilance vymezeno pouze po limnigraf Lahošť, pro který jsou k dispozici hodnoty odtoku potřebné k vyhodnocení hydrologické bilance. Povodí Loučenského potoka je vymezeno po limnigraf Duchcov. Hydrologická bilance byla počítána pro období hydrologických let 2006 až 2020. Matematický vzorec hydrologické bilance lze zjednodušeně vyjádřit jako:

$$H_S = H_O + H_V$$

, kde H_S je množství srážek spadlých na povodí [mm/rok], H_O množství odtoku vody z povodí [mm/rok] a H_V je množství výparu z povodí [mm/rok]. Změna zásob vody v povodí a jiné vlivy byly v této práci zanedbány.

Roční úhrny srážek byly vypočítány pomocí hodnot ze tří klimatických stanic – KS Všechlapy, KS Fláje a KS Janov. Z hodnot o srážkových úhrnech z těchto klimatických stanic pak byly zjištěny srážky pro jednotlivé výškové hladiny v povodí. Dále byly pomocí váženého průměru vypočteny roční úhrny srážek zvlášť za povodí Loučenského potoka a zvlášť za povodí Bouřlivce.

Pro výpočet odtokové výšky byla nejprve dostupná data agregována do měsíčního kroku. Poté byly hodnoty průtoků přepočteny na odtokovou výšku [mm], která sloužila jako jeden z hlavních parametrů hydrologické bilance. Odtoková výška je definována jako vrstva vody, která je rovnoměrně rozprostřena na ploše daného povodí a odtéká za určitou časovou jednotku. Vzorec pro výpočet odtokové výšky má tvar:

$$R = \frac{Q}{P * 1000} * 3600 * 24 * D$$

, kde Q je velikost průtoku [m³/s], P je plocha povodí [km²] a D je počet dní v měsíci (Tremel a kol. 2012).

4.4 Metodika hodnocení hydrologického sucha

Hydrologické sucho bylo v povodí Bouřlivce a Loučenského potoka analyzováno pomocí průměrných ročních průtoků, počtu suchých dní a metody nedostatkových objemů.

K hodnocení hydrologického sucha pomocí počtu suchých dní byly využity prahové hodnoty, konkrétně Q_{300d}, Q_{330d}, Q_{355d} a Q_{364d}. Do výpočtu prahových hodnot vstupovaly hodnoty denních průměrných průtoků z limnigrafu Lahošť a Duchcov. Jedná se tedy o průtok, který byl z průměrného dlouhodobého hlediska dosažen či překročen po dobu 300, 330, 355 a 364 dní v roce. Jako hydrologicky suché byly označeny dny, kdy průtok poklesl pod mezní hodnotu Q_{355d}. Pro stanovení extrémně suchých dní byla využita hodnota průtoku Q_{364d}. Prahová hodnota průtoku může být konstantní po celý rok, případně proměnlivá na základě denního či měsíčního kroku. Zatímco zvolená konstantní prahová hodnota je vhodnější pro definování suchých období a sezónnosti sucha, pomocí proměnlivé prahové hodnoty lze určit odchylky od normálního chodu ročních průtoků (Feyen, Dankers (2009), Van Loon, Van Lanen 2012, Van Loon, Laaha (2015), Skála 2017).

Pro výpočet prahové hodnoty se využívá referenční období. Od roku 2013 je ČHMÚ používáno referenční období hydrologických let 1981 až 2010. V případě Loučenského potoka a Bouřlivce však nejsou pro toto období informace o průtoku dostupné. Proto byly vypočteny prahové hodnoty z dostupné řady dat za období hydrologických let 2006 až 2020, tedy mimo referenční období. Tímto způsobem vypočtené hodnoty jednotlivých prahových hodnot z limnigrafu Lahošť na Bouřlivci a limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Vypočtené hodnoty jednotlivých prahových hodnot pro limnigrafy Lahošť a Duchcov (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

	Q _{300d} [l/s]	Q _{330d} [l/s]	Q _{355d} [l/s]	Q _{364d} [l/s]
LG Lahošť	94	79	67	63
LG Duchcov	203	180	157	143

Metoda hodnocení nedostatkových objemů je založena na principu vymezení a následného vyhodnocení období, ve kterém byl zaznamenán průtok nižší než zvolená prahová hodnota průtoku. V našem případě byla zvolena prahová hodnota průtoku Q_{355d} , pro kterou bylo následně dopočítáno deficitní množství vody. Výsledná hodnota nedostatkového objemu v m^3 udává teoretické množství akumulované vody potřebné k zabezpečení limitního průtoku definovaného prahovou hodnotou (Tremel 2011). Nedostatkový objem lze určit podle vzorce:

$$NO = \sum_{i=1}^t (LQ - Qi) * 24 * 3600$$

, kde t udává počet dnů s průtokem nižším než zvolená prahová hodnota, LQ představuje velikost limitního průtoku [m^3/s], Qi odpovídá průtoku i -tého dne s průtokem nižším než zvolená prahová hodnota (Tremel 2011).

Aby bylo možné hodnoty nedostatkových objemů porovnávat s hodnotami z jiné limnigrafické stanice, je zapotřebí takové hodnoty standardizovat (Tremel 2011; Brázdil, Trnka a kol. 2015; Fiala 2011). V této práci byly hodnoty nedostatkových objemů standardizovány vydělením velikostí průtoku prahové hodnoty pomocí vzorce:

$$NO_{st} = \frac{NO}{LQ * t * 24 * 3600}$$

, kde NO představuje velikost nedostatkového objemu v m^3 , LQ značí velikost limitního průtoku v m^3/s a t je celkový počet dnů období s průtokem nižším, než je hodnota limitního průtoku. Výsledná hodnota standardizovaného nedostatkového objemu představuje bezrozměrné číslo v procentech (Tremel 2011).

4.5 Metodika podélného profilování průtoků vody

Výběr měrných profilů pro podélné profilování průtoků byl situován tak, aby bylo měření provedeno kontinuálně v podélném profilu toku na místě před nebo po soutoku s významnými zdrojnicemi a před a po případném povrchovém odběru vody. Současně bylo provedeno měření odebíraného a vraceného množství vody. Dále byla snaha provést u menších přítoků vždy alespoň dvě měření průtoků v podélném profilu. První v profilu před přítokem do zastavených území, a tedy prakticky antropogenně neovlivněný průtok a druhé měření před soutokem s Loučenským potokem nebo Bouřlivcem.

Pro měření průtoků v rámci podélného profilování bylo použito více metod. Příčinou byly především rozdílné podmínky pro měření, které znemožnily využívat pouze jednu metodu v rámci celého povodí. Pokud to bylo možné vzhledem k protékanému množství vody a profilu koryta, byla využita nejpřesnější metoda tzv. přímého měření (objemová metoda) pomocí kalibrované nádoby (objem 1, 10 nebo 20 litrů). Vzhledem k velikosti průtoků bylo možné tuto metodu používat i na hlavních tocích v místech, kde se vyskytují přepady či stupně v korytě. Na některých místech došlo v příčném směru k rozdělení celého protékaného profilu a měření pak bylo provedeno na více místech a celkový průtok byl získán součtem.

V podmínkách, kde nebylo možné využít objemovou metodu vzhledem k charakteru koryta či protékaného množství vody, byla využita metoda proměření rychlostního pole a plochy profilu. Pro měření rychlostního pole byl využit přístroj FlowTracker. Jedná se o terénní rychloměr používající Dopplerovský princip měření rychlosti. Výhodou FlowTrackeru je především jeho přesnost, stanovení nejistoty, automatické vypočítání průtoků dle nastavené normy a možnost měřit rychlost i v hloubkách kolem 5 cm. V povodí Loučenského potoka a Bouřlivce byl však problém nejen s nepravidelným korytem a nevhodným prouděním, ale také s nedostatečnou hloubkou toku. Nejistota měření je automaticky vypočítána přístrojem, přičemž v nastavení byl zvolen způsob výpočtu dle evropských norem. Při měření bylo vždy pečlivě dodržováno využití co nejvyššího možného počtu měrných svislic. Pokud to hloubka dovolila, byla využita i vícebodová metoda měření rychlosti na svislici.

V případech, kdy nebylo možné využít ani jednu z výše zmíněných metod, byla využita metoda směšovací. Jedná se o princip ředění známého množství stopovače, kdy průtok toku je určen z míry zředění stopovače. K měření bylo využito malé množství NaCl. Tato metoda však byla kvůli ne úplně dobré přesnosti vzhledem k malým měřeným průtokům využita pouze jedenkrát.

4.6 Metodika stanovení výparu z vodních ploch

V zájmovém území byla ztráta vody výparem z volné vodní hladiny počítána ze vztahu na základě teploty vzduchu. Níže uvedený vzorec byl odvozen na základě závislosti pozorovaného výparu a teploty vzduchu ve stanici Hlasivo za období 1957–2018 (Šuhájková a kol. 2019). Vzorce s využitím podrobnějších klimatických veličin ovlivňující výpar dávají přesnější výsledky, ale tyto veličiny nejsou na dostupných meteorologických stanicích měřeny. Účelem

této práce bylo poskytnout přibližný odhad, pro který je vztah vyhovující. Vzorec dle Šuhájkové a kol. (2019) má tvar:

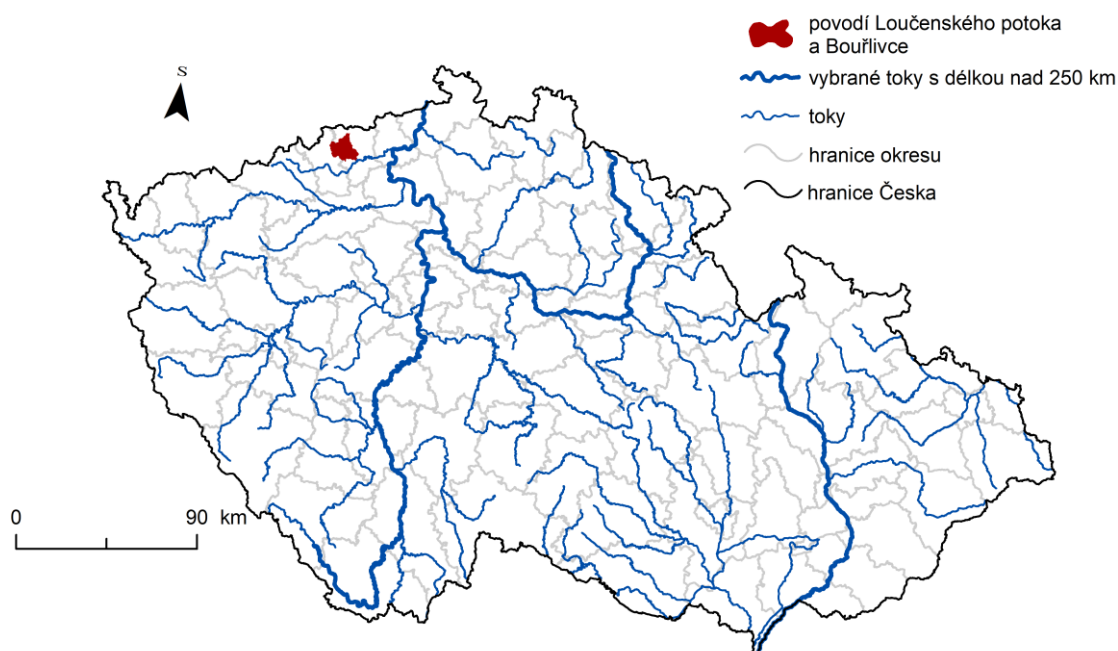
$$VVH = 0,0824 * T^{1,289}$$

, kde VVH je výpar z vodní hladiny [mm/měsíc] a T označuje průměrnou měsíční teplotu vzduchu [°C].

Výpar z vodní hladiny v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce byl vypočítán na základě průměrných denních teplot vzduchu z klimatické stanice Všechlapy. Klimatická stanice byla vybrána jako vhodná pro tyto účely, jelikož nejlépe reprezentuje spodní nížinatou část povodí, ve které se nachází většina vodních ploch. Malé vodní plochy s rozlohou menší než 1 000 m² byly pro tyto výpočty zanedbány, stejně jako vodní plochy, které se nenachází v povodí vodního díla Všechlapy. Výpar z vodní hladiny byl sledován pro období od května do října, ve kterém má smysl hodnoty výparu vzhledem k teplotám vzduchu počítat.

5 Fyzickogeografická charakteristika zájmového území

Povodí Loučenského potoka a Bouřlivce leží v severozápadních Čechách na pomezí mezi okresy Most a Teplice v Ústeckém kraji. Loučenský potok je pravostranným přítokem Bouřlivce, který je dle absolutní řádovosti tokem III. řádu. Bouřlivec dále napájí vodní nádrž Všechlapy a vlévá se do řeky Bíliny. Poloha zájmového povodí je znázorněna na obrázku č. 4.



Obrázek č. 4: Poloha povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v rámci Česka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)

5.1 Geologická charakteristika

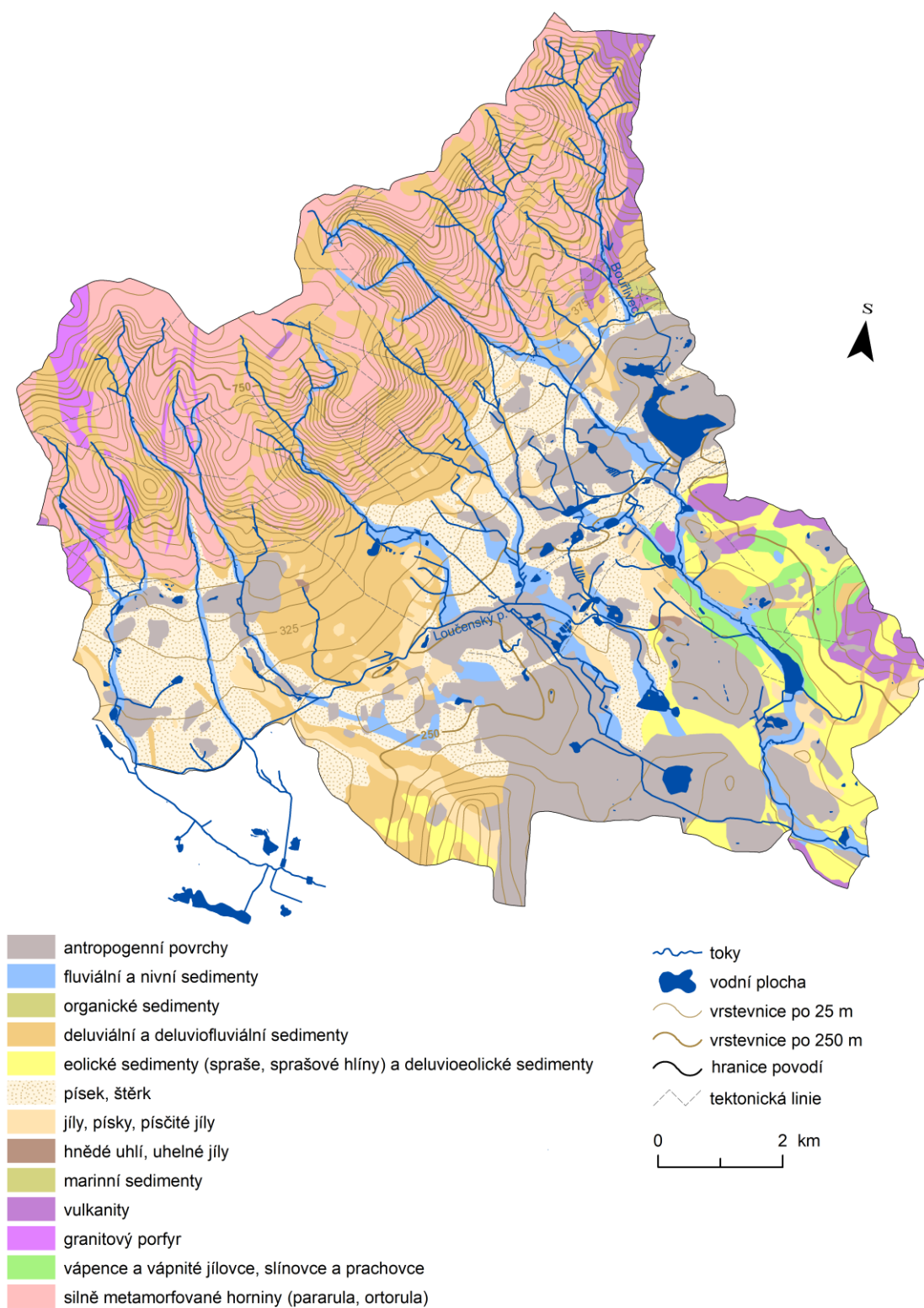
Povodí Loučenského potoka a Bouřlivce spadá do geologické jednotky zvané Český masiv, která je součástí variského orogénu. Kromě variského vrásnění se na dnešní podobě Krušných hor podílelo také alpské vrásnění, během kterého byla Krušnohorská kra vyzdvižena a nakloněna. Tehdy tedy vznikl základní tvar dnešních Krušných hor. Na tyto procesy pak navázala eroze, která způsobila formování do současného stavu (Weber a kol. 2007).

Český masiv se dělí do pěti hlavních oblastí (moldanubikum, bohemicum, saxothuringikum, lužická oblast a oblast moravskoslezská), z nichž zájmové území spadá do oblasti saxothuringikum neboli do sasko-durynské oblasti. Ta je zastoupena metamorfovanými horninami a převážně variskými granitoidními plutony. Dle regionálního geologického dělení

oblasti saxothuringikum spadá povodí Loučenského potoka a Bouřlivce do tzv. krušnohorského krystalinika a z části do oblasti s výskyty krystalinika v oherském riftu (Chlupáč a kol. 2011).

Pro tuto oblast je zajímavé období třetihor, ve kterém vznikalo hnědé uhlí. V první polovině třetihor zde bylo klima teplé a vlhké. V mělkých sníženinách a na rovinách se tedy dařilo bujným lesům a pralesní půda zde byla většinu času nasycena vodou nebo pokryta mělkými jezery. To tvořilo ideální podmínky pro vznik hnědého uhlí, které bylo od 19. století ve velké míře využíváno lidmi (Weber a kol. 2007).

Dle geologické mapy 1:50 000, kterou poskytuje Česká geologická služba, byla vytvořena geologická mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce na obrázku č. 5. Na mapě je znázorněno, že v pramenných oblastech se nachází silně metamorfované horniny jako je pararula a ortorula a deluviální a deluviofluviální sedimenty, které vznikly díky prudkým svahům Krušných hor. V západní části povodí se vyskytují žilné intruze granitového porfyru. S nadmořskou výškou se výrazně mění stavba geologického podloží. Ve středních částech toku se často vyskytuje písek a štěrk. V nejnižších polohách povodí jsou pak časté eolické sedimenty, jako jsou spraše a sprašové hlíny, a deluvioeolické sedimenty. Spraše se do těchto míst podle Webera a kol. (2007) dostaly v období doby ledové díky transportu jemných částeczek ze suťové hradby, kterou před sebou hrnul pevninský ledovec. V důsledku těžby hnědého uhlí se v povodí nachází také značné množství antropogenních povrchů. V oblastech podél řek se vyskytují fluviální a nivní sedimenty. Ty jsou znatelné i v místech, kudy původně protékalo koryto Loučenského potoka.



Obrázek č. 5: Geologická mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat České geologické služby, databáze ArcČR a databáze DIBAVOD, upraveno na základě rekognoskace v terénu²)

5.2 Geomorfologická charakteristika

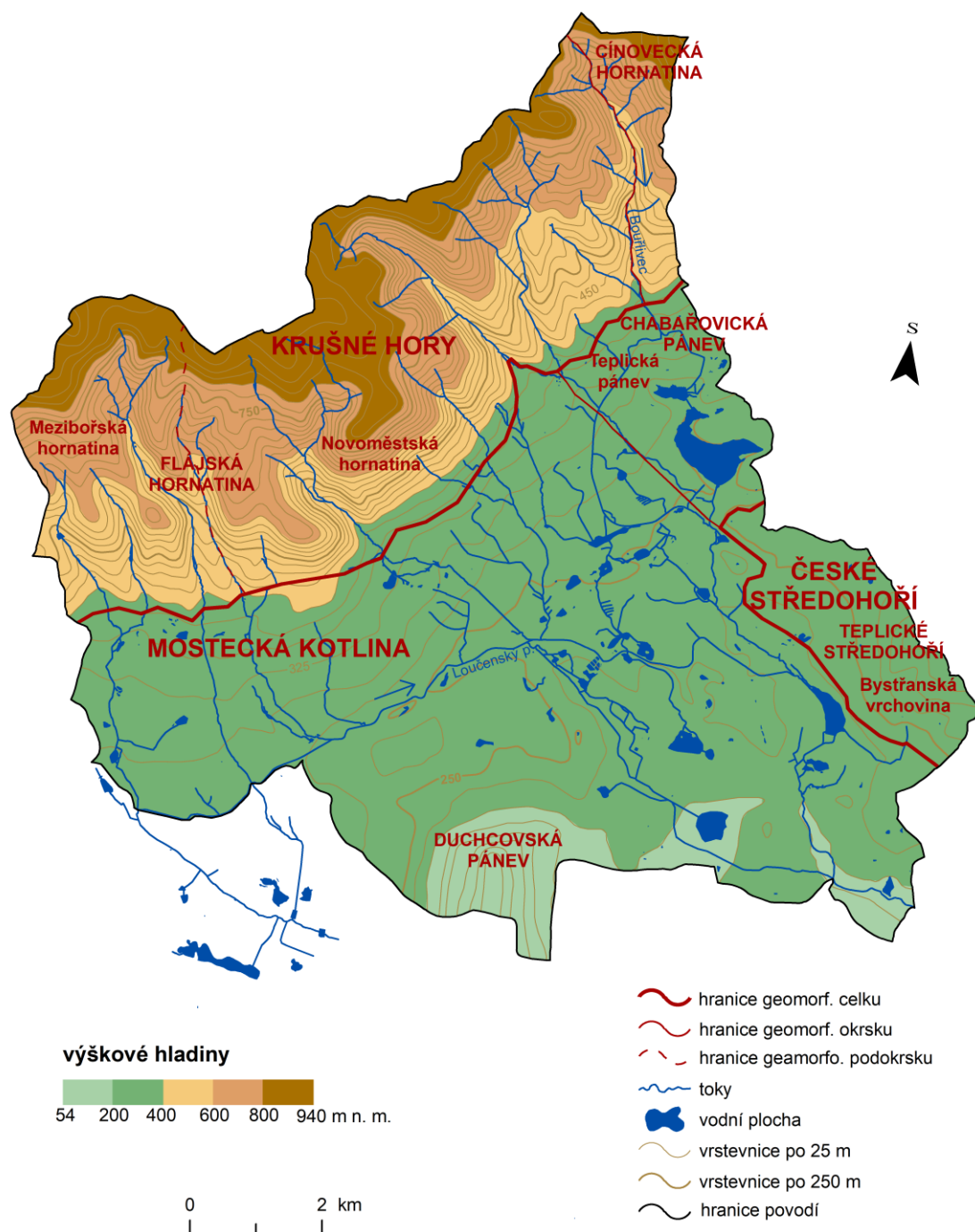
Zájmové území se nachází v Krušnohorské soustavě, která spadá do provincie Česká vysočina, která je prvohorního stáří. Povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v rámci Krušnohorské soustavy patří do tří celků – Krušné hory, Mostecká kotlina a České středohoří (Balatka, Kalvoda 2006). Pod pojmem celek rozumíme více či méně výrazné omezené území, které má stejné povrchové tvary, stejnou absolutní výškovou polohu a stejnou genezi reliéfu, stejné morfogenetické činitele a stejnou historii vývoje (Demek a kol. 1965).

Loučenský potok a Bouřlivec pramení v Krušných horách. Loučenský potok společně s dalšími toky jako je Radčický, Lomský, Osecký a Hájský potok pramení ve Flájské hornatině. Na území zájmového povodí se Flájská hornatina dělí na Mezibořskou a Novoměstskou hornatinu (hranici z části tvoří Loučenský potok). Flájská hornatina je součástí Loučenské hornatiny, tedy leží v severní části Krušných hor. Nejvyšším vrcholem Flájské hornatiny je Loučná s nadmořskou výškou 956 m. Bouřlivec pak pramení na rozhraní Flájské a Cínovecké hornatiny a dále tvoří hranici mezi těmito dvěma okrsky. Cínovecká hornatina má nejvyšší vrchol jménem Pramenáč (909 m n. m.) severovýchodně od Mikulova. Krušné hory dále přecházejí v celek Mostecká kotlina. Většina povodí leží v tzv. Duchcovské pánvi, malá část pak v pánvi Teplické. Mostecká kotlina vznikla v severovýchodní části podkrušnohorského prolomu tektonickým poklesem území mezi Krušnými horami, Doupovskými horami, Českých středohořím a Džbánem. Jde o nejvýznamnější oblast těžby hnědého uhlí v Česku, což ovlivnilo její vzhled a kvalitu životního prostředí. Malou část povodí pak zabírá České středohoří, konkrétně novoveská a trnovská část Bystřanské vrchoviny (Balatka, Kalvoda 2006, Demek a kol. 2015). Geomorfologické členění povodí společně s výškovými hladinami jsou znázorněny na obrázku č. 6.

Pro podrobnější geomorfologickou charakteristiku byla věnována pozornost také sklonitosti svahů. Jelikož se povodí z části nachází na svazích Krušných hor, jde o poměrně svažité povodí. Celkové převýšení dosahuje téměř 900 m. Nejvyšší místo povodí Loučenského potoka a Bouřlivce se nachází na hoře Loučná s nadmořskou výškou 940 m. Nejnižším místem je dno lomu Bílina s nadmořskou výškou pouhých 54 m. Soutok Bouřlivce a Bíliny se nachází ve výšce 188 m n. m. Sklonitost v povodí, znázorněna na obrázku č. 7, je nejvyšší v Krušných horách. Je zde zřetelná i vyšší sklonitost podél toků, například podél Bouřlivce, Domaslavického potoka či Lomského potoka. Maximální sklon svahu dosahuje přibližně 26°. Kromě uměle vybudovaného lomu Bílina je pak území Mostecké kotliny poměrně rovinaté.

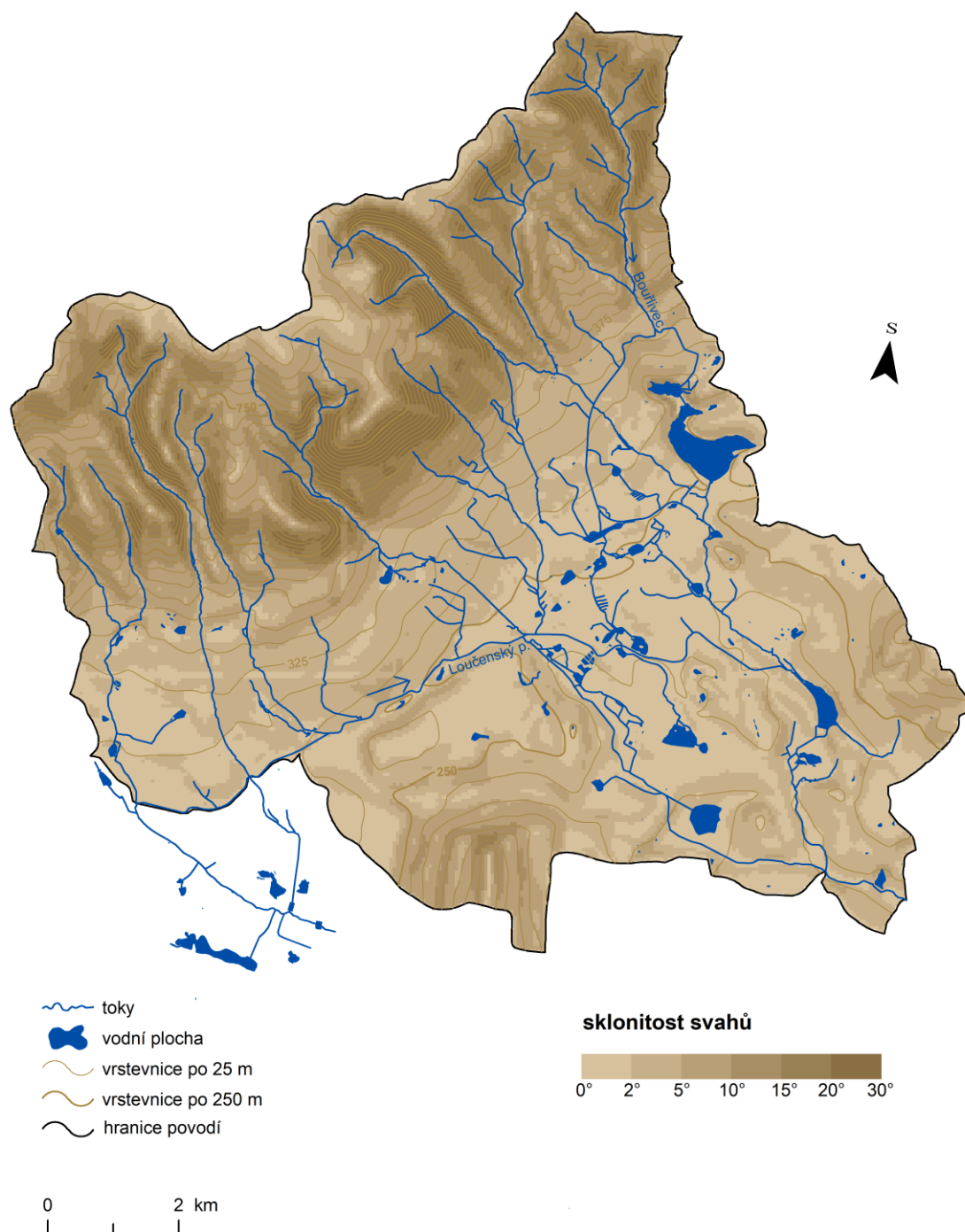
² U všech map využitých v této práci byla data databáze DIBAVOD upravena na základě rekognoskace v terénu

V nejmladším geologickém období docházelo, a stále dochází, ke geomorfologickým změnám především vlivem lidské činnosti. Vznikají zde například haldy vytěžené hlušiny nebo zaplavené výsypky (Weber a kol. 2007).



provincie	subprovincie	celek	podcelek	okrsek	podokrsek
Česká vysočina	Krušnohorská soustava	Krušné hory	Loučenská hornatina	Čínovecká hornatina	
				Flájská hornatina	Mezibořská hornatina
		Mostecká kotlina	Chomutovsko-teplická pánev	Duchcovská pánev	Novoměstská hornatina
				Chabařovická pánev	Teplická pánev
		České středohoří	Milešovské středohoří	Teplické středohoří	Bystřanská vrchovina

Obrázek č. 6: Geomorfologická mapa povodí Loučenského potoka a Broulvice (zdroj: vlastní zpracování dat dle Balatka, Kalvoda (2006), databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)



Obrázek č. 7: Mapa sklonitosti povodí Loučenského potoka a Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)

5.3 Klimatická charakteristika

Povodí Loučenského potoka a Bouřlivce se nachází v mírném klimatickém pásu v přechodné oblasti mezi kontinentálním a oceánským klimatem. Gorczynského index kontinentality se v povodí pohybuje mezi 23 % ve vyšších polohách a 27 % v nižších polohách, což značí maritimní podnebí. V Česku má Gorczynského index hodnoty od 19 % do 31 %, roste od západu k východu a je vyšší v nížinách než ve vyšších polohách (Tolasz a kol. 2007). V zájmovém povodí převládá západní až severozápadní proudění vzduchu a jsou zde výrazné cyklonální činnosti, které zapříčiňují značnou proměnlivost počasí. Klimatické poměry jsou rovněž určeny specifickými přírodními poměry daného území a antropogenními zásahy. Z přírodních složek je v povodí výrazným klimatickým činitelem členitost reliéfu, rozdílnost nadmořských výšek a charakter aktivního povrchu. Krušné hory brání postupu západního proudění dále do vnitrozemí a na severovýchodních svazích je pak možné pozorovat návětrný efekt. Oblast Mostecké pánve a Žatecka se poté nacházejí ve srážkovém stínu. Tato oblast se tradičně řadí mezi nejteplejší a nejsušší oblasti v České republice. Z hlediska antropogenních zásahů nelze opomenout hospodářské aktivity, které na některých místech území výrazně zasahují do lokálních poměrů klimatu (Mackovčín 1999, Culek a kol. 2013). Vlivem výsypek, lomů, ale také výstavbou tepelných elektráren je na zájmovém území navíc značně narušená ekologická stabilita a kvalita ovzduší (Culek a kol. 2013).

Podle Köppenovy klasifikace podnebí se většina povodí nachází v klimatické oblasti Cfb, tedy v mírném oceánském podnebí s teplými léty. Horské oblasti se poté nachází v oblasti Dfb, znamenající vlhké kontinentální podnebí s teplými léty. V povodí se také v malé míře ve vyšších nadmořských výškách nachází klimatická oblast Dfc se subpolárním podnebím s chladnými léty a studenými zimami (Tolasz a kol. 2007).

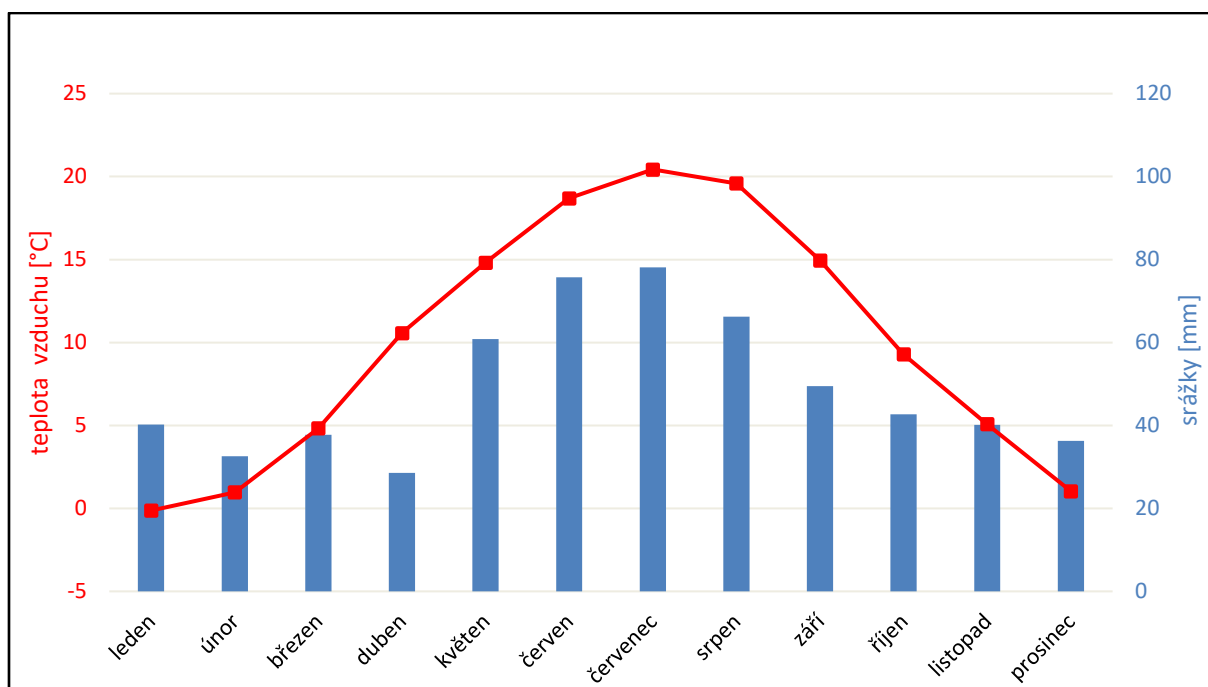
Dle klimatických regionů dle Qiutta (Quitt 1971) se nejvyšší polohy řadí do chladné oblasti CH6 a CH7. Obě tyto oblasti mají krátké, mírně chladné a vlhké léto. Přechodné období je dlouhé s chladným jarem a mírně chladným podzimem. Zima je dlouhá, mírně chladná a vlhká s dlouhým trváním sněhové pokrývky. CH6 se od CH7 odlišuje především nižšími průměrnými teplotami vzduchu, vyššími srážkovými úhrny a s tím souvisejícím počtem dnů se sněhovou pokrývkou a vyšším počtem ledových dnů. V nižších polohách se nacházejí mírně teplé oblasti MT4 a MT9. MT4 má mírné, krátké, suché až mírně suché léto, mírná a krátká přechodná období a mírně chladnou, suchou až mírně suchou zimu. Oblast MT9 má léto již dlouhé, teplé, suché až mírně suché. Přechodné oblasti jsou mírně teplé a krátké a zima je mírná, suchá a krátká. Nejteplejší oblast T2 se nachází v nejnižších polohách a má typicky teplé,

dlouhé a suché léto. Přechodné oblasti jsou poměrně krátké, teplé až mírně teplé a zima je krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá (Květoň, Voženílek 2011).

Průměrná teplota vzduchu se v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce pohybuje mezi 4 °C až 10 °C. Nejnížší teploty vzduchu jsou v pramenných oblastech v Krušných horách a nejvyšší teploty vzduchu jsou zaznamenány v oblastech s nejmenší nadmořskou výškou. V lednu je průměrná teplota vzduchu v této oblasti mezi -5 °C a 0°C. V červenci se pak průměrná teplota pohybuje přibližně mezi 13 °C a 20 °C (Tolasz a kol. 2007).

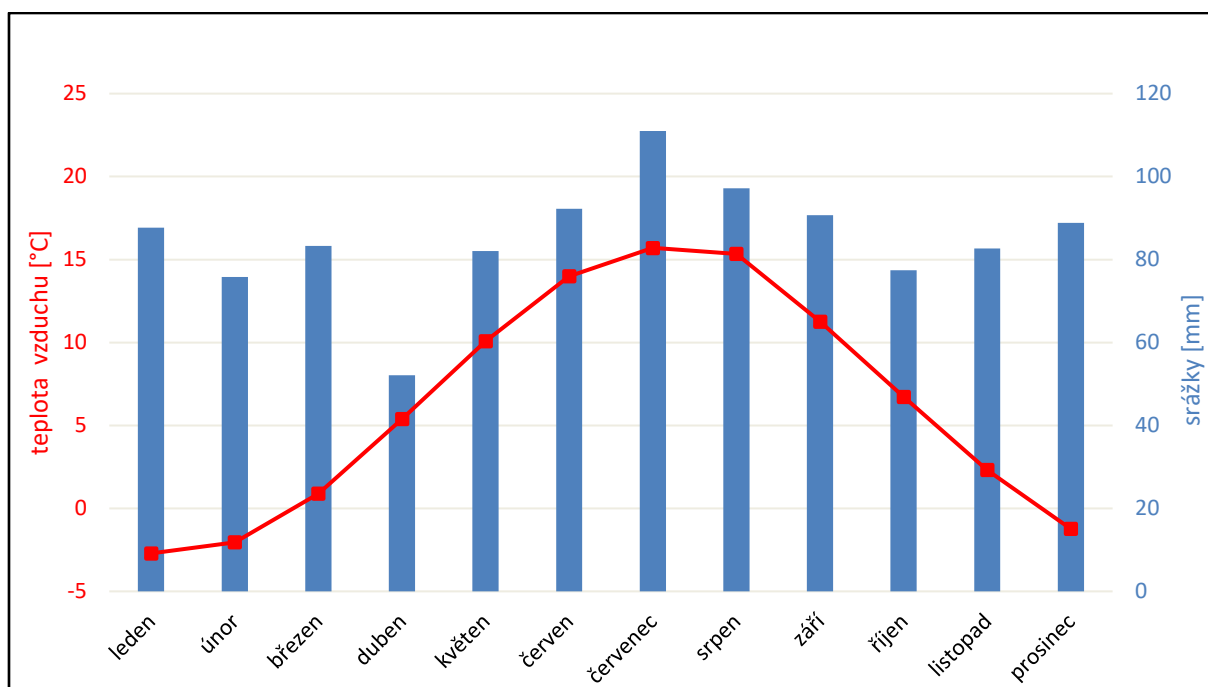
Průměrné roční úhrny srážek v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce se pohybují mezi 450 mm a 1200 mm. Stejně jako teplota vzduchu, jsou srážky značně ovlivněné nadmořskou výškou. Nejvyšší naměřené hodnoty se nachází v pramenných oblastech v Krušných horách a nejnižší pak v Mostecké pánvi a části Středohoří. Tato oblast se nachází ve srážkovém stínu Krušných hor a řadí se tedy k oblastem, které jsou srážkově podprůměrné (Tolasz a kol. 2007).

Podrobnější informace o klimatických podmínkách v povodí jsou znázorněny pomocí klimadiagramů z nejbližších klimatických stanic – Vsechlapy, Fláje, Janov a Libouchec. Stanice Vsechlapy je jedinou klimatickou stanicí nacházející se v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Na klimadiagramu na obrázku č. 8 jsou znázorněny průměrné měsíční teploty a úhrny srážek. Průměrná roční teplota vzduchu je na této stanici 10 °C. Nejnižší průměrná měsíční teplota vzduchu je v lednu (-0,1 °C). Maximální průměrná měsíční teplota vzduchu je na této stanici naměřena v červenci, kdy dosahuje 20,4 °C. Jde o nejvyšší naměřené průměrné hodnoty ze všech čtyř klimatických stanic, což je dáno především její nejnižší nadmořskou výškou. Průměrný měsíční úhrn srážek je na této klimatické stanici nejvyšší v červenci, kdy dosahuje téměř 80 mm. Nejnižší průměrný měsíční úhrn srážek je zaznamenán v dubnu (29 mm). Na stanici Vsechlapy jsou zaznamenány celkově nižší úhrny srážek v zimě oproti jiným sledovaným klimatickým stanicím. Roční průměr srážkových úhrnů z dostupných dat na této klimatické stanici dosahuje 586 mm. Tato hodnota je v rámci vybraných meteorologických stanic významná, jelikož jde o nejnižší naměřený průměrný roční úhrn srážek. To je ovlivněno především nižší nadmořskou výškou a srážkovým stínem Krušných hor.



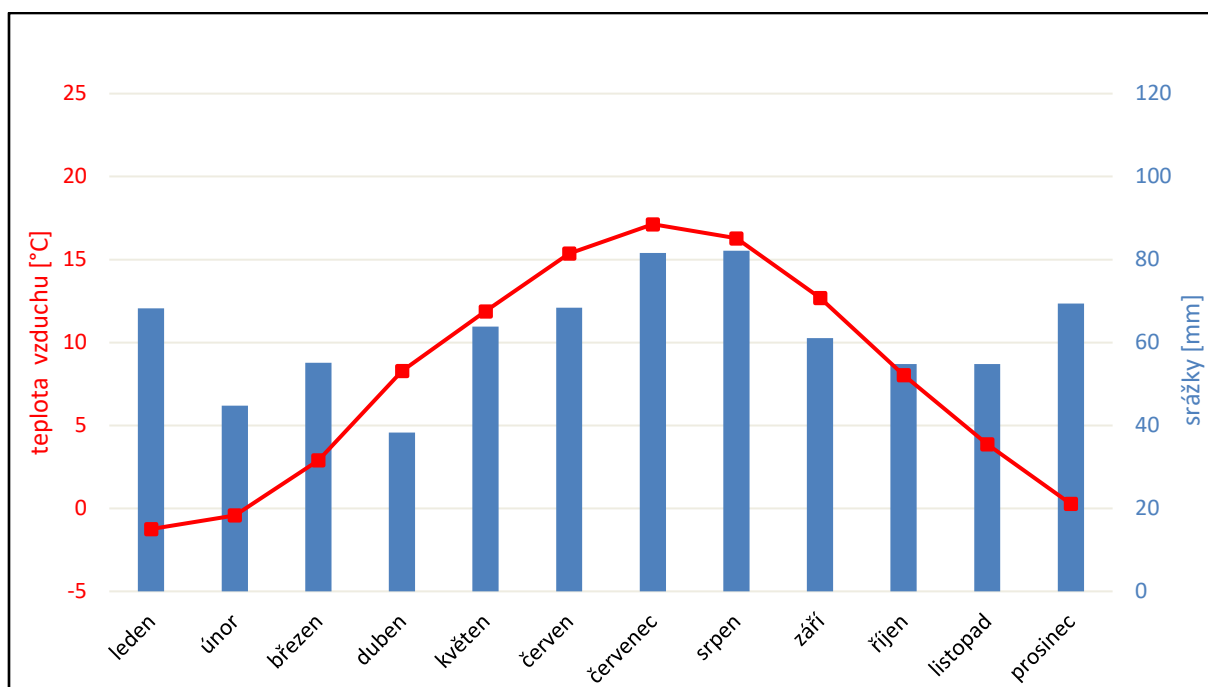
Obrázek č. 8: Klimadiagram z KS Všeclapy (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Klimatická stanice Fláje (obrázek č. 9) se nenachází v zájmovém povodí, ale je vhodná k přiblížení klimatických podmínek v pramenných oblastech povodí. Jsou zde zřetelné nižší teploty vzduchu než na KS Všeclapy, což je dáno především vyšší nadmořskou výškou. Průměrná roční teplota vzduchu je na této stanici 6,3 °C. Nejnižší průměrná měsíční teplota vzduchu dosahuje v lednu až -2,7 °C. Průměrné měsíční teploty vzduchu pod bodem mrazu se vyskytují také v únoru a prosinci. Maximální průměrné měsíční teploty vzduchu jsou v červenci a dosahují 15,7 °C. Srážky jsou zde vysoké a roční průměr z dostupných dat je 1 027 mm. Jde o nejvyšší průměrný roční úhrn srážek na sledovaných klimatických stanicích. Nejvyšší průměrný měsíční úhrn srážek zde dosahuje přes 110 mm (červenec), oproti necelým 80 mm na KS Všeclapy. Nejnižší naměřené průměrné měsíční úhrny jsou opět v dubnu. Srážkové úhrny jsou v průběhu roku poměrně vyrovnané. Značné rozdíly úhrnů srážek v porovnání s KS Všeclapy jsou také v chladné části roku, kdy jsou průměrné měsíční úhrny srážek v některých případech více než dvojnásobné.



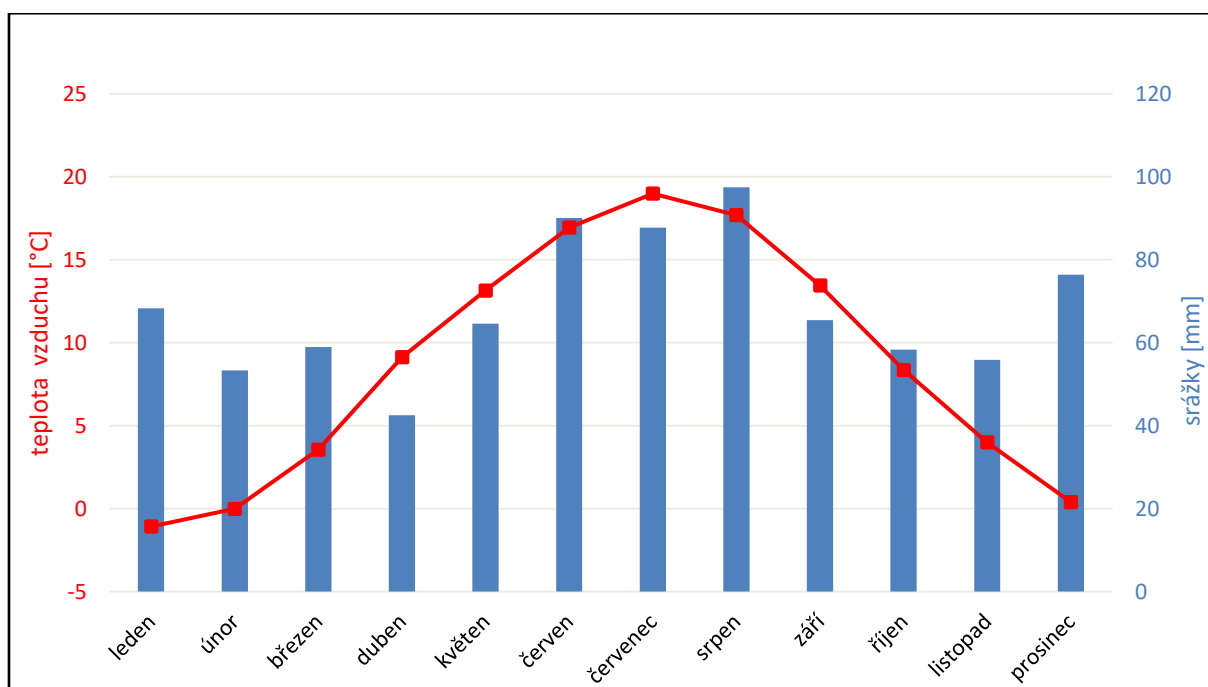
Obrázek č. 9: Klimadiagram z KS Fláje (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Třetí klimatická stanice se nachází u jihovýchodní části vodní nádrže Janov. Dle klimadiagramu na obrázku č. 10 dosahují na KS Janov průměrné teploty vzduchu v lednu - 1,2 °C a v červenci 17,1 °C. Průměrná roční teplota vzduchu je na této stanici 7 °C. Průměrné měsíční úhrny srážek dosahují nejvyšších hodnot v srpnu, kdy spadne 82,1 mm. V červenci je hodnota jen o něco nižší (81,6 mm). Nejnižší hodnoty jsou opět naměřeny v dubnu, a to 38,3 mm. Celkový průměr srážek je 749 mm. Srážky jsou poměrně vysoké i v prosinci a lednu, kdy dosahují téměř 70 mm.



Obrázek č. 10: Klimadiagram z KS Janov (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Čtvrtá klimatická stanice se nachází v obci Libouchec (obrázek č. 11), severně od Ústí nad Labem. Průměrná teplota vzduchu je na této stanici 8,7 °C. Nejvyšší průměrné měsíční teploty vzduchu dosahují v červenci téměř 19 °C a minimální hodnoty se nachází v lednu (- 1,1 °C). Průměrný roční úhrn srážek je na této klimatické stanici 811 mm. Nejvyšší průměrné měsíční hodnoty se vyskytují v srpnu a dosahují 97,4 mm.



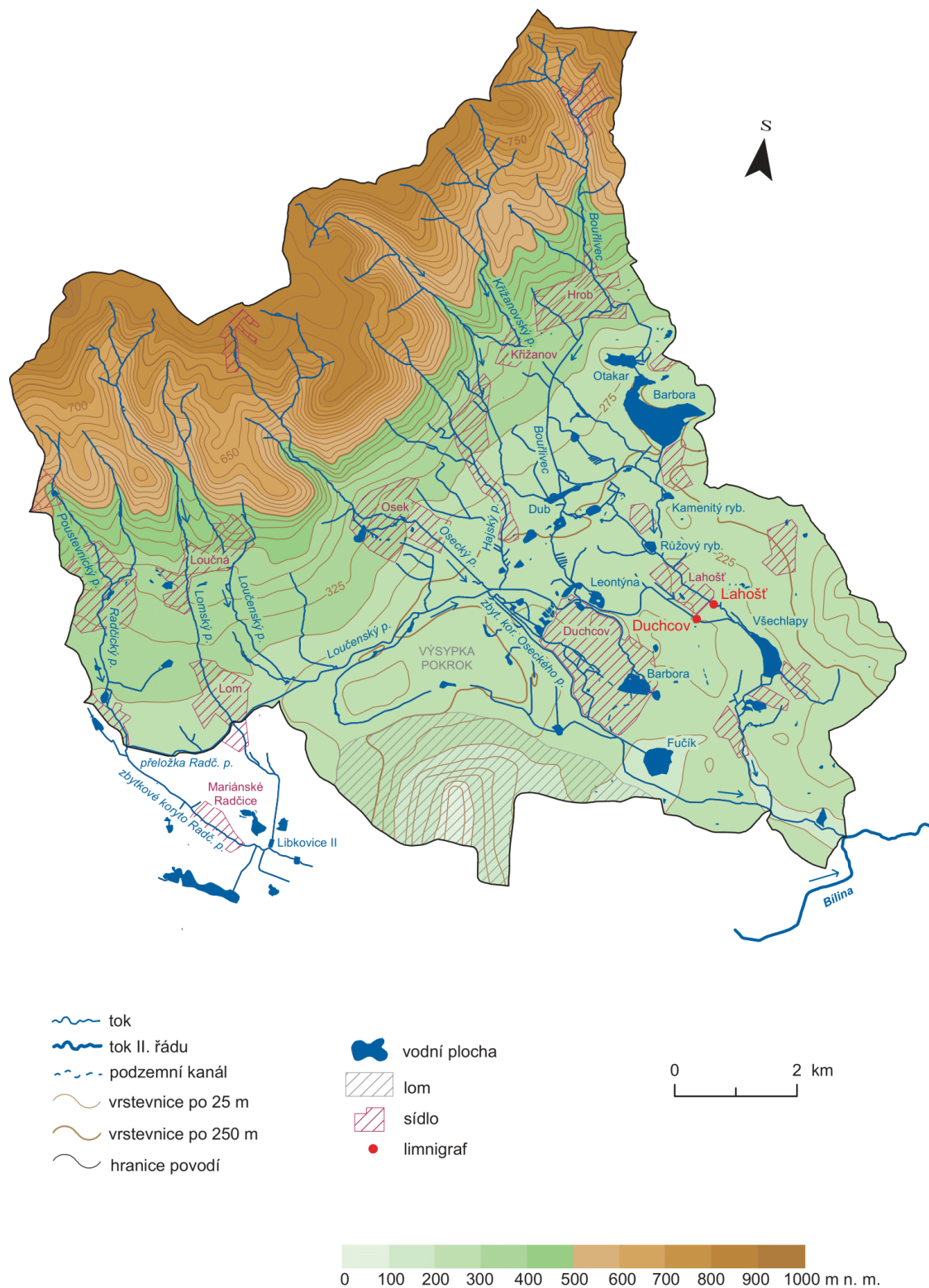
Obrázek č. 11: Klimadiagram z KS Libouchec (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

5.4 Hydrologická a hydrografická charakteristika

Říční síť povodí Loučenského potoka a Bouřlivce je značně ovlivněna antropogenními zásahy do krajiny spojenými s těžbou hnědého uhlí v podkrušnohorské oblasti. Nedotčená koryta toků se dnes nacházejí pouze ve vrcholových a pramenných oblastech povodí. Říční systém v oblasti výskytu uhelných slojí byl v minulosti značně pozměněn. Došlo k vytvoření celé řady přeložek a přemodelování koryt toků. Z důvodu rekultivace krajiny postižené těžbou došlo rovněž k zaplavení starých již vytěžených a dnes nevyužívaných těžebních lomů (například Otakar či jezero Barbora). Do povodí Bouřlivce náleží i oblast dolu Bílina a přilehlá výsypka Pokrok. Hydrologická charakteristika této oblasti je značně problematičtější. Z toho důvodu byla součástí práce také konzultace s Ing. Romanem Wanie ze Severočeských dolů a. s., který poskytl potřebné informace o fungování hydrologie v této oblasti.

Vodní režim v povodí je podobný jako na většině českých toků. Největší množství vody v tocích je v období tání sněhu či při letních regionálních srážkách a bouřkách. Naopak nejnižší vodní stavy jsou na podzim. Odtokový režim Bouřlivce a Loučenského potoka byl však značně poznamenán člověkem. Konkrétně především převody mezi dílčími povodími (Vlnas a kol. 2020), které jsou pro tuto oblast typické. Dále také ale redistribucí odtoku během roku, akumulací vody v rybnících nebo jejich nárazovým vypouštěním. Díky zahloubení a napřímení toků se také voda z povodí dostává rychleji a nestačí se v něm udržet.

Přehledová mapa povodí je znázorněna na obrázku č. 12.



Obrázek č. 12: Přehledová mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)

5.4.1 Hydrografická charakteristika povodí Loučenského potoka

Povodí Loučenského potoka zaujímá plochu 47,3 km². Délka koryta Loučenského potoka činí 14,7 km. Loučenský potok patří dle absolutní řádovosti pátečního toku do 4. řádu. Absolutní vzdálenost mezi pramenem a ústím Loučenského potoka je 10,2 km. Z poměru skutečné délky toku a vzdálenosti od jeho pramene k ústí lze spočítat míra křivolakosti, která má hodnotu 1,45. Potok je tedy mírně křivolaký. Uspořádání říční sítě je vějířovité. V povodí Loučenského potoka se také nachází velké množství vodních ploch – celkem 76 vodních ploch o celkové rozloze 36 ha (DIBVOD 2021).

Loučenský potok pramení v Krušných horách jihozápadně od obce Dlouhá Louka pod Vlčí horou v nadmořské výšce 702 m. Odtud tok prudce klesá Loučenským údolím a protéká obcí Loučná. U obce Lom se stéká s přeložkou Radčického potoka (někdy také známa jako Klášterský potok) a jako přeložka Loučenského potoka dále pokračuje k severovýchodu. Přestože jde oficiálně o přeložku Loučenského potoka, pro zjednodušení lze toto koryto nazývat pouze Loučenským potokem. Tok původně vedl dál směrem na jih a ústil v Bouřlivci. V těchto místech se však dnes nachází lom Bílina, a z toho důvodu muselo být koryto přemístěno. Původní koryto nejnižší části Loučenského potoka je dnes nazýváno Ledvický potok. Průběh Loučenského potoka z roku 1954 z oblasti dnešní výsypky Pokrok je znázorněn v kapitole 5.4.4.

Přeložka Radčického potoka je významný vodní tok, který přijímá vodu především z Radčického a Lomského potoka. Radčický potok pramení na jihovýchodním svahu vrchu Střelná v nadmořské výšce 628 m nedaleko obce Meziboří. Protéká Radčickým údolím a poté Horním Litvínovem, kde do něj ústí potok Poustevnický. Na něm je vystavena MVE Meziboří a úprava vody. Úprava vody v Meziboří je jednou z úprav, které zajišťují výrobu pitné vody pro potřeby Severočeské vodárenské soustavy v Ústeckém kraji. Zásobuje pitnou vodou mimo jiné města Most, Litvínov, Duchcov, Teplice, a částečně i krajské město Ústí nad Labem (Povodí Ohře 2020). Poustevnický potok je zajímavý také tím, že při nadbytku vody ve vodní nádrži Fláje dochází k jejímu přečerpání právě do těchto míst. Po soutoku Radčického potoka a Poustevnického potoka pokračuje Radčický potok obcí Litvínov, napájí malé vodní plochy, chovné rybníky a Plutovský rybník. V obci Louka u Litvínova se nachází rozdělovací objekt, kde se tok dělí do přeložky Radčického potoka a do původního koryta Radčického potoka. Původně koryto Radčického potoka pokračovalo dále až do Mariánských Radčic. Pod již zaniklou obcí Jenišův Újezd tvořil Radčický potok soutok s Lomským potokem, který se následně vléval do řeky Bíliny (Bučil 2002).

Do zbytkového koryta Radčického potoka se pouští tzv. hygienický proplach pro obec Mariánské Radčice. Tok pak protéká obcí a končí v retenci Libkovic II. Aby se zde voda neakumulovala, z retence Libkovic II je přečerpávána zpět do přeložky Radčického potoka. Název Libkovic je převzat z nedaleké bývalé obce.

Z rozdělovacího objektu v obci Louka u Litvínova je zbylé množství vody pouštěno do přeložky Radčického potoka. V obci Lom pak do přeložky přitéká Lomský potok. Ten pramení v Krušných horách v nadmořské výšce 848 m. Poté protéká Lomským údolím, obcí Loučná a pokračuje dál na jih do obce Lom. Původní koryto Lomského potoka pokračovalo dále na jih přes dnes již neexistující obec Libkovic. Délka Lomského potoka od pramene k soutoku s přeložkou Radčického potoka je dnes 7,7 km, plocha současného povodí odvodňuje 5,7 km². V oblasti u přítoku Lomského potoka do přeložky Radčického potoka byl dříve čerpán hygienický proplach, a to pro obec Libkovic. Ta však již neexistuje a z toho důvodu hygienický proplach není potřebný. Koryto mířící na jih k retenci Libkovic II je tedy suché. Za obcí Lom přeložka Radčického potoka pokračuje, přijímá přečerpanou vodu z Libkovic II a dále se stéká s Loučenským potokem.

Loučenský potok po soutoku protéká okolo rekultivované výsypky Pokrok, kde se nachází řada nových vodních ploch a vodních koryt. Hlavním účelem těchto koryt a vodních ploch je zabránit vniknutí vody do lomu Bílina. Dále slouží k odvodnění samotné výsypky.

Výsypka pokrok je rozdělena do dvou malých subpovodí. Západní část výsypky je odvodňována koryty, pomocí kterých se voda koncentruje do koryta rovnoběžného s Loučenským potokem. Tato zachycená voda poté teče přes dvě vodní plochy a dále ústí do Loučenského potoka. Východní část výsypky je odvodňována pomocí retence Jana (někdy také Ema) a kanálu 2400, nacházející se v patě výsypky Pokrok.

Loučenský potok dále pokračuje do prostoru, kde původně protékal Osecký potok. V těchto místech přitéká Osecký potok, ale zároveň zde odtéká značné množství vody zbytkovým korytem Oseckého potoka směřující na jih do města Duchcov.

Osecký potok pramení na západním úbočí vrchu Stropník, východně od obce Dlouhá Louka, v nadmořské výšce 848 m. Protéká Skalním údolím, přírodní rezervací Vlčí důl a obcí Hrad Osek na jejímž konci se tok stáčí k jihovýchodu do obce Osek, kterou protéká. O necelý jeden kilometr dále jihovýchodním směrem ústí Osecký potok pomocí uměle napřímeného koryta do Loučenského potoka v nadmořské výšce 225 m. Délka Oseckého potoka od pramene k soutoku s Loučenským potokem je 7,3 km a plocha povodí odvodňuje 7,2 km².

Zbytkovým korytem Oseckého potoka poté odtéká voda, která napájí například rybníky, malé vodní plochy a toky v zámecké zahradě nebo sklárnu Duchcov. Ze zámeckého parku je

také čerpána voda do jezera Barbora³ nacházející se v obci Duchcov. Značné množství vody zde pojmu také zahrádkářské kolonie. Podél zbytkového koryta Oseckého potoka se nachází příkop 2400, který leží v patě výsypky a slouží k jejímu odvodnění. Za obcí Duchcov se zbytkové koryto Oseckého potoka stéká s příkopem 2400 a pokračují směrem k odkališti Fučík. Dříve veškerá voda tekla přímo do odkaliště a odtud byla čerpána společností ČEZ do Ledvického potoka. V dnešní době však není nutné zadržovat v odkališti Fučík takové množství vody. Z toho důvodu se okolo odkaliště Fučík vybudoval kanál, do kterého ústí i odtok z Barbory v obci Duchcov a z retence Jana, které původně také ústily v odkališti Fučík. Přestože odkaliště Fučík stále přijímá určité množství vody, většina proudí kanálem okolo odkaliště. Obtokový kanál se vlévá do Ledvického potoka, který dále ústí do Bouřlivce pod vodní nádrží Všechlapy.

Dále po toku Loučenského potoka přitéká potok Hajský, který pramení na východním úbočí vrchu Stropník v nadmořské výšce 797 m. Protéká Starým údolím a dále na jihovýchod do obce Háj u Duchcova, kterou protéká. Hajský potok má rozsáhlou síť bezejmenných, především pravostranných vodotečí. Délka Hajského potoka od pramene po soutok s Loučenským potokem je 5,4 km a plocha povodí je 7,5 km².

Na Loučenském potoce před obcí Duchcov je poté patrný významný odběr do místních sádek. Pak tok protéká severní částí obce Duchcov, přijímá odtok z rybníka Leontýna (nebo také Rusputl nebo Rousňák) a vlévá se u obce Lahošť do Bouřlivce na jeho 5,4 říčním kilometru. Obrázky č. 13 a 14 zobrazují fotografie Loučenského potoka pořízené v terénu.

³ V povodí se nachází dvě jezera s názvem Barbora. První se nachází právě v obci Duchcov a druhé se nachází v povodí Bouřlivce na místě zatopeného lomu Barbora. Jezero v obci Duchcov bude v textu zmiňováno vždy jako „Barbora v obci Duchcov“.



Obrázek č. 13: Soutok přeložky Radčického potoka (vlevo; 45,9 l/s) a Loučenského potoka (vpravo; 1,5 l/s) (foceno 27. května 2020) (zdroj: fotografie autora)



Obrázek č. 14: Loučenský potok u rybníka Leontýna v období hydrologického sucha (foceno 8. srpna 2020) (zdroj: fotografie autora)

5.4.2 Hydrografická charakteristika povodí Bouřlivce

Bouřlivec patří dle absolutní řádovosti páteřního toku do 3. řádu. Dále se vlévá do Bíliny, která ústí do Labe. Délka páteřního toku Bouřlivce je 18,7 km a odvodňuje plochu o rozloze 115,4 km². Absolutní vzdálenost mezi pramenem a ústím dosahuje hodnoty 13,3 km. Míra křivolakosti Bouřlivce je tedy 1,32 a jedná se o mírně křivolaký tok. Výškový rozdíl od pramene po ústí je 590 m. Uspořádání říční sítě je vějířovité.

Bouřlivec pramení v Krušných horách, severně od obce Mikulov v nadmořské výšce 830 m. Na okraji obce napájí vodní nádrž sloužící jako zdroj požární vody a zdroj vody pro zasněžování přilehlých sjezdových tratí v zimní sezóně. Poté Bouřlivec protéká obcí Mikulov, přijímá dva levostranné přítoky a napájí malou vodní plochu v obci. Dále tok stéká jižně Mikulovským údolím, ve kterém přijímá Mlýnecký potok a několik dalších menších toků. Poté tok vtéká do obce Hrob, ve kterém se rozděluje. Levá část toku napájí rybník Otakar a jezero Barbora. Jedná se o bývalé uhelné doly Otakar a Barbora, kvůli kterým bylo koryto Bouřlivce v historii přeloženo (Křivánek a kol. 2014). Tato část toku je napájena až po překročení určitého průtoku, a z toho důvodu se voda do rybníků dostává pouze při nadbytku vody. V období, kdy probíhaly terénní práce, nebyl přetok vody vzhledem k nízkým vodním stavům zaznamenán. Pravá část toku přijímá vodu z Hrobského a Křižanovského potoka.

Křižanovský potok je poměrně významný přítok pramenící na svahu Bouřňáku poblíž Nového města v nadmořské výšce 831 m. Dále teče směrem na jih Křižanovským údolím až do Křižanova, kde přijímá vodu z Domaslavického potoka. Po necelém jednom kilometru se poté Křižanovský potok vlévá do Bouřlivce. Délka Křižanovského potoka je 5,3 km.

Bouřlivec dále po soutoku s Křižanovským potokem napájí rybník u bývalého Hajniště, odkud se voda opět vrací zpět do toku. Dále po toku je odebíráno značné množství pro rybník Dub, ze kterého je následně napájeno několik dalších rybníků. Část odebrané vody se vrací zpátky do toku za rybníkem Dub nebo za Růžovým rybníkem a část přitéká k Loučenskému potoku, napájí Starý rybník, rybník Vinduška a posléze i jezero Barbora v obci Duchcov. Odtud se voda přečerpává do zbytkového koryta Oseckého potoka před vodní nádrží Fučík a dostává se do Bouřlivce pod vodní nádrž Všechlapy přes Ledvický potok. Dále po toku Bouřlivce protéká areálem golfového hřiště. Poté Bouřlivec přijímá přítok z rybníka Otakar a jezera Barbora a pak se z něj odpojuje voda do Kamenného rybníka, ze kterého se opět vrací zpět. U obce Lahošť se do Bouřlivce vlévá Loučenský potok. Bouřlivec dále napájí vodní nádrž Všechlapy a u Hostomic se vlévá do řeky Bíliny. Obrázky č. 15 a 16 zobrazují fotografie

Bouřlivce pořízené v terénu. Na obrázku č. 15 je vidět charakteristické koryto pokryto kamennou dlažbou nacházející se v blízkosti golfového hřiště.



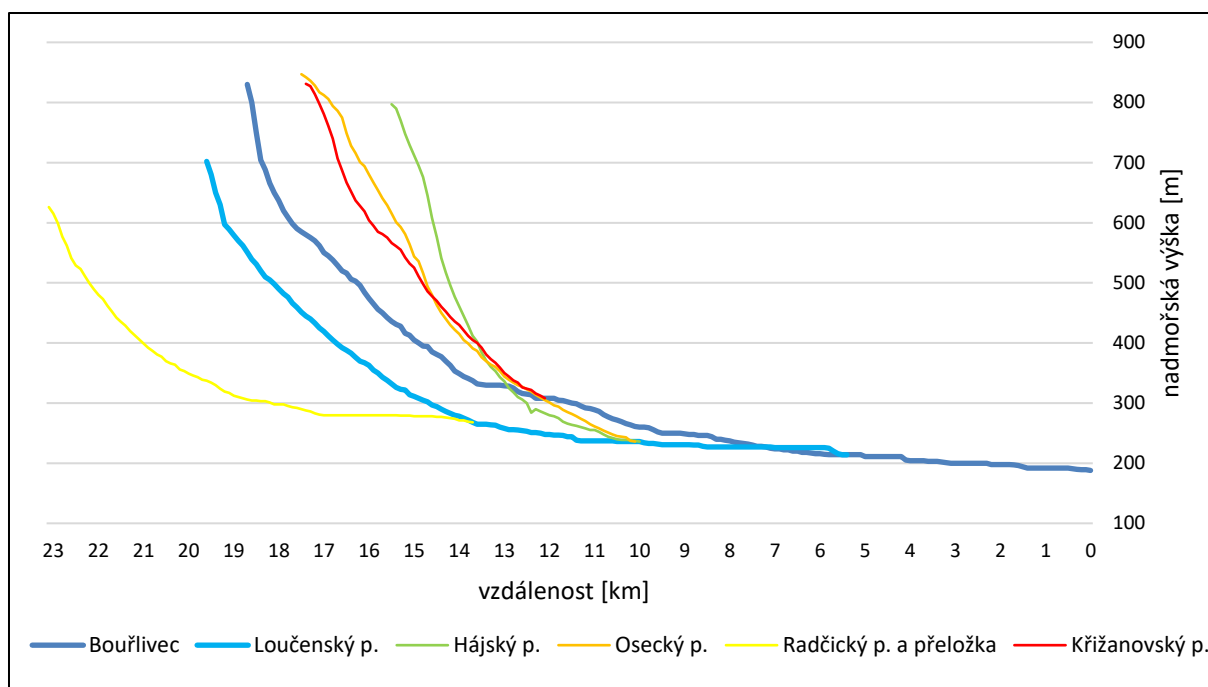
Obrázek č. 15: Bouřlivec v blízkosti golfového hřiště (foceno 27. května 2020; 38 l/s) (zdroj: fotografie autora)



Obrázek č. 16: Přepad na Bouřlivci nacházející se mezi obcemi Mikulov a Hrob (foceno 14. července 2020; 7,8 l/s) (zdroj: fotografie autora)

Hlavním účelem přehradní nádrže Všechlapy je zajištění minimálního průtoku 10 l/s v Bouřlivci pod hrází. Vodní nádrž Všechlapy také zajišťuje celoroční a souvislý odběr vody pro nedalekou elektrárnu Ledvice včetně schopnosti zadržení havarijní rezervy v období odstávky Labského vodovodu a zajištění možnosti celoročního souvislého odběru vody pro blízkou sklárnu AGC Flat Glass Czech. Tato přehradní nádrž též pomocí MVE zajišťuje výrobu elektrické energie (Křivánek a kol. 2014). Mimo to nádrž slouží také ke snížení povodňových průtoků, k rybolovu a rekreačním účelům.

Pro lepší představu návaznosti a uspořádání toků byl sestrojen rozvinutý podélný profil Bouřlivce a Loučenského potoka s hlavními přítoky (obrázek č. 17). Jde o průsečík svislé roviny s reálným povrchem, po kterém vodní tok stéká (Pavelková Chmelová, Frajer 2013). Znázorňuje jak délku jednotlivých páteřních toků, tak jejich sklonové poměry. Modrou barvou jsou znázorněny dva hlavní toky – Loučenský potok a Bouřlivec.



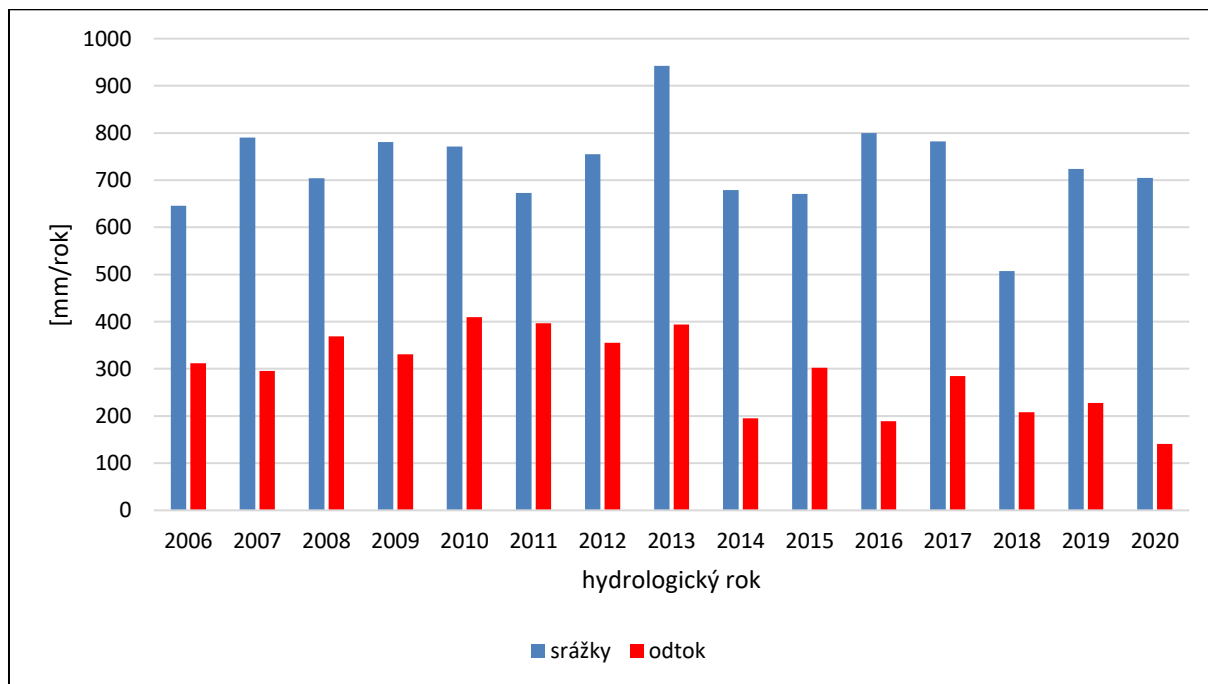
Obrázek č. 17: Rozvinutý podélný profil Bouřlivce a Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z portálu mapy.cz)

5.4.3 Hydrologický režim povodí

Hydrologický režim povodí byl pro účely této práce zpracován na základě hydrologické bilance. Nejprve budou analyzovány základní vstupy reprezentovány ročními srážkovými úhrny a výstupy v podobě ročního odtoku a výparu. Roční hodnota výparu (evapotranspirace) byla v tomto případě vypočtena zjednodušeně jako rozdíl mezi ročními srážkovými úhrny a ročními odtokovými výškami. Hydrologická bilance byla vypracována pro hydrologické roky 2006 až 2020 za povodí Loučenského potoka (po limnigraf Duchcov) a Bouřlivce (po limnigraf Lahošť).

Roční srážkové úhrny a odtokové výšky za hydrologické roky 2006 až 2020 pro povodí Loučenského potoka jsou zobrazeny na obrázku č. 18. Průměrný roční srážkový úhrn do povodí Loučenského potoka má hodnotu 729 mm a průměrná odtoková výška má hodnotu 294 mm, což odpovídá 40 % vstupu vody do povodí. To znamená, že v průměru pouze 40 % srážkových úhrnů odečte v podobě povrchového odtoku. Zbýlé množství se vypaří, případně infiltruje do podloží. Maximální množství srážkových úhrnů bylo zaznamenáno v roce 2013 (942 mm/rok) a minimální v roce 2018 (507 mm/rok). Srážkové úhrny se jinak vždy pohybovaly v rozmezí 600 mm/rok až 800 mm/rok. Maximální odtoková výška byla zaznamenána v roce 2010 (410 mm/rok) a naopak nejnižší odtoková výška se vyskytla v roce 2020 (141 mm/rok). Nízké odtokové výšky (pod 300 mm/rok) byly zaznamenány také v roce 2007 a poté během celého

období od roku 2014. Procentuálně odteklo nejméně srážek v roce 2020, kdy měl koeficient odtoku hodnotu 20 %. Dle hydrologické bilance byla tedy v roce 2020 zaznamenána nejvyšší ztráta vody výparem. Procentuálně nejvíce vody poté odteklo v roce 2011 (koeficient odtoku 59 %). Jednotlivé hodnoty hydrologické bilance jsou znázorněny také v tabulce č. 3, ve které jsou uvedeny také průměrné specifické odtoky za jednotlivé roky.

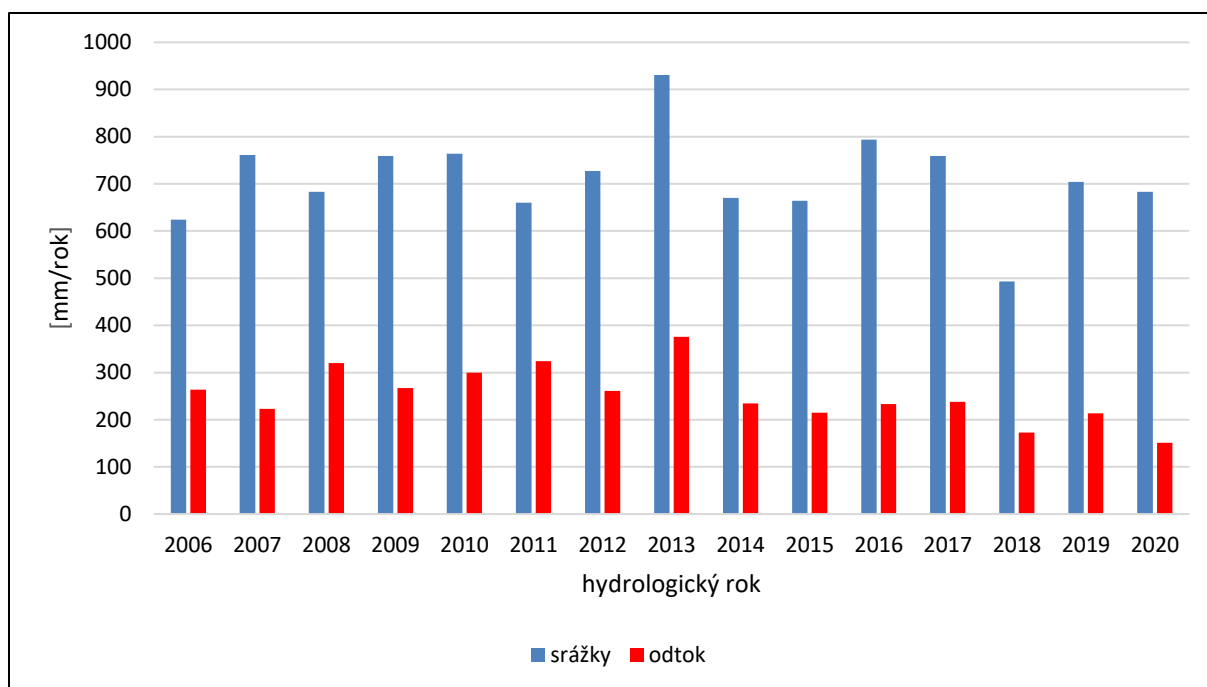


Obrázek č. 18: Hydrologická bilance povodí Loučenského potoka po limnigraf Duchcov za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Tabulka č. 3: Hydrologická bilance povodí Loučenského potoka po limnigraf Duchcov za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

hydrologický rok	srážky [mm/rok]	odtok [mm/rok]	evapotranspirace [mm/rok]	koeficient odtoku [%]	specifický odtok [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$]
2006	646	312	334	48	8,84
2007	790	296	494	37	8,38
2008	704	369	335	52	10,46
2009	781	331	450	42	9,38
2010	771	410	361	53	11,62
2011	673	397	276	59	11,25
2012	755	355	400	47	10,07
2013	942	394	548	42	11,17
2014	679	195	484	29	5,53
2015	671	302	369	45	8,57
2016	800	189	611	24	5,36
2017	782	284	498	36	8,07
2018	507	208	299	41	5,89
2019	724	228	496	31	6,46
2020	705	141	564	20	3,99

Roční srážkové úhrny a odtokové výšky za hydrologické roky 2006 až 2020 pro povodí Bouřlivce po limnigraf Lahošť jsou zobrazeny na obrázku č. 19. Roční průměrný srážkový úhrn má na Bouřlivci hodnotu 712 mm/rok. Z tohoto množství odečte z povodí v průměru 253 mm/rok. Jedná se tedy pouze o 36 % z celkového množství srážek. V porovnání s Loučenským potokem je tedy průměrný roční srážkový úhrn nižší, stejně jako průměrná roční odtoková výška z povodí. Nejvyšší roční úhrn srážek byl zaznamenán v roce 2013 (931 mm/rok). Naopak minimální množství srážkových úhrnů bylo zaznamenáno v roce 2018 (493 mm/rok). Srážkové úhrny se jinak vždy pohybovaly v rozmezí 600 mm/rok až 800 mm/rok. Maximální odtoková výška byla zaznamenána v roce 2013 a měla hodnotu 376 mm/rok. Naopak nejnižší odtoková výška se vyskytla v roce 2020 (151 mm/rok). I na povodí Bouřlivce byly zaznamenány velmi nízké odtokové výšky v období od roku 2014. Procentuálně oteklo nejméně srážek v roce 2020 (koeficient odtoku 22 %), nejvíce pak v roce 2011 (koeficient odtoku 49 %). Jednotlivé hodnoty hydrologické bilance jsou znázorněny také v tabulce č. 4. V tabulce č. 4 jsou také uvedeny průměrné specifické odtoky za jednotlivé roky.



Obrázek č. 19: Hydrologická bilance povodí Bouřlivce po limnigraf Lahošť za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Tabulka č. 4: Hydrologická bilance povodí Bouřlivce po limnigraf Lahošť za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

hydrologický rok	srážky [mm/rok]	odtok [mm/rok]	evapotranspirace [mm/rok]	koefficient odtoku [%]	specifický odtok [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$]
2006	624	264	360	42	9,32
2007	761	223	538	29	7,96
2008	683	320	363	47	11,27
2009	759	267	492	35	9,37
2010	764	300	464	39	10,52
2011	660	324	336	49	11,46
2012	727	261	466	36	9,13
2013	931	376	555	40	13,28
2014	670	235	435	35	8,23
2015	664	215	449	32	7,57
2016	794	233	561	29	8,26
2017	759	238	521	31	8,47
2018	493	173	320	35	6,12
2019	704	214	490	30	7,56
2020	683	151	532	22	5,36

Při interpretaci výsledků je nutné poznamenat, že odtokové výšky zde uvedené jsou ovlivněny dotacemi (ale i odběry) vody. Na Loučenském potoce dotace tvoří v letech 2015 až 2019 35 % až 61 % celkového ročního odtoku z povodí. Na Bouřlivci tvoří dotace v tohoto

období 5 % až 13 % celkového ročního odtoku. Bez dotací vody by tedy odtokové výšky na limnigrafech byly nižší a vypočtená evapotranspirace by vycházela výrazně větší. Předpoklad, že je veškerá voda z dotací zaznamenána na limnigrafech v Duchcově a Lahošti, je ovšem mylný, jelikož na tocích dochází k mnoha odběrům a odtokům vody.

Specifickým typem výparu (evapotranspirace), který je zde kvantifikován na základě hydrologické bilance, je výpar z vodní hladiny. Přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob v povodí mohou ovlivňovat ale i jiné faktory, které v této zjednodušené hydrologické bilanci nejsou zařazeny. Jedná se například infiltraci, která se řadí do ztrátové složky hydrologické bilance, či již zmíněné převody vod v povodí.

5.4.3.1 Výpar z vodní hladiny

Jelikož se v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce nachází vodní plochy, které mohou ovlivnit celkové množství vody v povodí, byl zvlášť vyčíslen také výpar z volné vodní hladiny. Ten je součástí výparu (evapotranspirace), který je vypočten na základě hydrologické bilance výše. Pro tuto analýzu jsou významné vodní plochy, které mohou ovlivnit obsah vody ve VD Všechlapy.

V povodí Loučenského potoka se nachází méně než 0,5 km² vodních ploch, které mohou ovlivnit obsah vody ve VD Všechlapy. V přepočtu na celkovou plochu povodí vodní plochy v povodí Loučenského potoka ovlivňují v posledních letech odtok přibližně 3 mm/rok až 5 mm/rok. Nejvyšší vypočtený výpar z vodní hladiny v povodí Loučenského potoka byl zaznamenán v roce 2018. To je dáno nadprůměrnými teplotami vzduchu, které se v daném roce vyskytovaly v letním období. Deficit vody v tomto roce dokazují také vysoké nedostatkové objemy, viz. kapitola 6.4.

V povodí Bouřlivce po limnigraf Lahošť se nachází přibližně 1 km² vodních ploch, které ovlivňují obsah vody ve VD Všechlapy. Významnou a největší vodní plochou, která ovlivňuje hydrologickou bilanci je jezero Barbora. V přepočtu na celkovou plochu povodí vodní plochy ovlivňují odtok přibližně 10 mm/rok až 14 mm/rok. Nejvyšší vypočtený výpar se vyskytoval opět v roce 2018.

Na obou povodích je možné sledovat, jak výpar z vodní hladiny během sledovaného období roste, a to vlivem nárůstu teploty vzduchu. V případě suchých a teplých let, které se na našem území v posledních letech vyskytují, jsou srážky přibližně stejné či nižší a výpar z vodní hladiny vlivem vyšších teplot vzduchu vyšší. Nejvyšší hodnoty výparu byly většinou naměřeny v červenci. Nejnižší pak na konci nebo na začátku sezony (v květnu či říjnu).

Přestože se hodnoty výparu z volné vodní hladiny přepočteny na celé povodí mohou zdát jako zanedbatelné, během podélného profilování průtoků bylo zjištěno, že výpar z vodní hladiny může mít výrazný vliv na odtok, a to především v suchém období. V této práci byl tedy často využíván výpar z volné vodní hladiny přepočtený na průtok pro zjištění vlivu výparu z vodní plochy na ztrátu vody v rybnících a rybničních soustavách (viz kapitola 7). U většiny odběrů vody do rybníků a rybničních soustav se vrací značně menší množství vody zpátky do toku, jelikož je voda spotřebována na výpar z vodní hladiny. Například z Kamenitého rybníka docházelo v letních měsících v roce 2020 k výparu více než 1 l/s. Z Kamenitého rybníka navíc dochází k evidovanému odběru povrchové vody. Z rozsáhlé rybniční soustavy spojené s rybníkem Dub dochází k výparu v letním období více než 16 l/s. To dává v nejteplejších dnech dohromady téměř 1 400 m³/den. Vliv této rozsáhlé rybniční soustavy na VD Všechlapy je však poněkud nejasný, jelikož část vody z této rybniční soustavy se dostává již pod VD Všechlapy. Z největší vodní plochy nacházející se v zájmovém povodí (jezero Barbora) pak dochází k významnému výparu z volné vodní plochy, který dosahuje v nejteplejších dnech více než 40 l/s, což způsobuje dohromady více než 3 500 m³/den. Přestože jezero Barbora čerpá vodu převážně z podzemních vod, výpar z takto velké vodní plochy značně ovlivňuje množství vody ve VD Všechlapy.

Významný vliv na ztráty vody má také evapotranspirace z přilehlých lužních porostů, které svými kořenovými systémy dosahují do úrovně hladiny podzemní vody, která je v okolí vodních ploch nízko pod povrchem. Navíc v okolí rybníků je téměř vždy plochý reliéf.

5.4.3.2 Infiltrace vody v povodí

Významný vliv na hydrologickou bilanci povodí může mít také infiltrace vody. Tu je však poměrně složité přesně kvantifikovat. Pro účely této práce bude tedy dostačující obecný popis infiltrace, který byl proveden na základě dostupných informací a hydrometrického mapování.

Při hydrometrickém mapování toků v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce nebyl zjištěn žádný úsek, kde by docházelo k soustředěné influkci povrchové vody do podzemí. Voda mizí v dlouhých úsecích, a to jak na svahu Krušných hor, tak i v prostoru Mostecké pánve. Podle informací pracovníků Povodí Ohře se však v nedávné minulosti soustředěně ztrácela voda z nejspodnějšího úseku Loučenského potoka nad vodním dílem Všechlapy do puklinového systému (zřejmě do hornin České křídové pánve) v množství okolo 20 l/s. Tento úsek byl již zatěsněn pracovníky Povodí Ohře.

Infiltrovaná voda v povodí míří zřejmě především do umělých sníženin (důlních jam). Například zatopený důl Barbora (jezero Barbora) měl odtok po celou letní sezonu i přes značný výpar a nepřítomnost povrchového přítoku. Většina vody však zřejmě míří do dolu Bílina, který má hladinu mnohem hlouběji a vytváří tak mnohem výraznější depresní kužel.

V povodí Loučenského potoka a Bouřlivce byly zjištěny hydrometrováním pozvolné ztráty průtoku infiltrací. Lze předpokládat, že v horních částech toku v oblasti krystalinika bude docházet k nižší infiltraci než ve spodních částech toku v pánvi, která je tvořena více propustnými sedimenty. V určitých částech toku ale dochází k narušení infiltrace či k jejímu úplnému zamezení. Infiltraci nejčastěji omezují rozmístěné solitérní kameny či kamenná rovinanina v korytě toku. Tyto podmínky sice infiltraci omezují, ale stále umožňují. V některých oblastech je však koryto plně zpevněné a infiltrace je tím pádem zamezena.

Na Loučenském potoce dochází na většině úseků k poměrně přirozené infiltraci vody v korytě. Jedinými významnými delšími úseky na Loučenském potoce, kde se nachází kamenná dlažba, a není zde umožněna infiltrace, je oblast u ústí toku do Bouřlivce a oblast v katastrálním území obce Loučná. Kamenná dlažba se nachází také v katastrálním území Duchcov, ale pouze v krátkých úsecích, které nijak významně infiltraci nezamezují (Jonáš 2020).

Přítoky Loučenského potoka jsou poté zpevněny nepropustným materiálem především v katastrálním území obcí. V pramenných oblastech a v horních částech toku jsou zachovány přírodní koryta toku. Radčický potok je zpevněn kamennou dlažbou v celém katastrálním území Litvínov. Poustevnický potok je zpevněn také mimo katastrální území obce. Mezi obcemi Litvínov a Louka u Litvínova se nachází poměrně přirozené koryto Radčického potoka, které nijak nezamezuje infiltraci. V katastrálním území obce Louka u Litvínova se opět nachází kamenná dlažba, která znemožňuje infiltraci vody do podloží. Ta je přerušena v rámci přeložky Radčického potoka, která je v téměř celé své délce zpevněna pouze solitérním kamením. Lomský potok, jakožto významný přítok přeložky Radčického potoka, je zpevněn v celém katastrálním území obce Lom i Loučná. V pramenné oblasti a horní části toku se nachází přírodní koryto, které nezamezuje infiltraci. Dalším významným přítokem do Loučenského potoka (konkrétně již přeložky Loučenského potoka) je Osecký potok. Ten protéká dvěma obcemi, ve kterých je zpevněn nepropustným korytem – Osek a Hrad Osek. V pramenné oblasti toku a v oblasti mezi těmito obcemi se nachází poměrně přirozené koryto, které nezamezuje postupné infiltraci. Zpevněné koryto kamennou dlažbou se v Oseckém potoce nachází až po soutok s Loučenským potokem. Na Oseckém potoce je celkově zpevněno 60 % koryta toku nepropustným materiálem, což je nejvíce ze všech sledovaných toků. Hajský potok je poté zpevněn v katastrálním území obce Háj u Duchcova. Příklady zpevněných koryt nacházejících

se v povodí Loučenského potoka jsou znázorněny na obrázcích č. 20 a 21. Na obrázku č. 20 je zobrazeno opevnění koryta v obci Lom. Na obrázku č. 21 je pak konec opevnění Hajského potoka. V horní části obrázku je již vidět přírodní koryto, kde je možná přirozená infiltrace vody do podloží.



Obrázek č. 20: Koryto Lomského potoka v obci Lom (zdroj: fotografie autora)



Obrázek č. 21: Koryto Hajského potoka – konec nepropustného opevnění koryta (zdroj: fotografie autora)

Výrazně horší situace vzhledem k infiltraci je v korytě toku Bouřlivce. V pramenné oblasti nad obcí Mikulov se nachází přírodní koryto. To je však přerušeno v katastrálním území obce Mikulov, kde se nachází nepropustná kamenná dlažba. V obci Mikulov byly zaznamenány i zatrubněné části toku. Od obce Mikulov až téměř k obci Hrob je poté koryto relativně přírodní a dochází zde k poměrně přirozené infiltraci. Před obcí Hrob však začíná dlouhý významný úsek, ve kterém je koryto téměř po celé délce vybetonované do dlažby. V této části toku je tedy infiltrace možná jen v krátkých úsecích, kde se nachází kamenná rovnanina či solitérní kamenivo. Takto zpevněné koryto je až téměř do obce Jeníkov. V obci Jeníkov se poté nachází pouze kratší úseky znemožňující infiltraci. Poslední oblast, kde dochází k výraznějšímu narušení infiltrace, se nachází v obci Lahošť v návaznosti na revitalizovanou část toku. Zde se nachází velké betonové desky, které znemožňují infiltraci (Jonáš 2020). Na páteřním toku Bouřlivce je celkově zpevněno 39 % koryta toku.

Významným přítokem Bouřlivce je Křižanovský potok. Ten má zpevněné koryto od počátku katastrálního území obce Křižanov až po ústí toku do Bouřlivce.

Příklady zpevněných koryt nacházejících se v povodí Bouřlivce jsou znázorněny na obrázcích č. 22 a 23. Na obrázku č. 22 je znázorněno opevnění koryta v obci Křižanov. Na obrázku č. 23 je pak vidět typické opevnění Bouřlivce nacházející se mezi obcemi Hrob a Jeníkov. Podobné opevnění je vidět také na obrázku č. 15. Všechny výše popsané úseky, kde

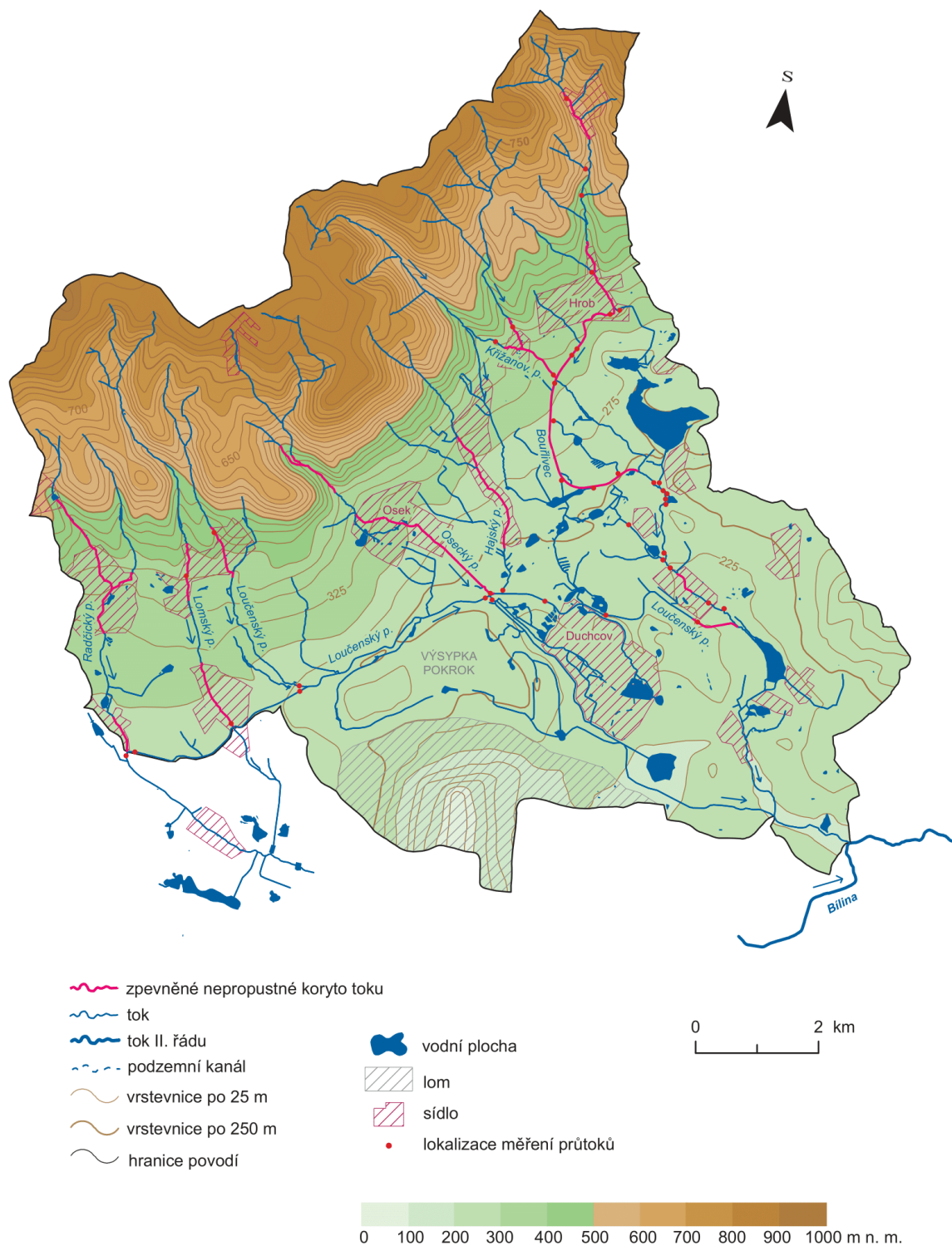
se nachází zpevněné koryto, které znemožňuje infiltraci vody do podloží, jsou znázorněny na mapě na obrázku č. 24. Jedná se o koryta o celkové délce 23,4 km.



Obrázek č. 22: Koryto Křižanovského potoka v obci Křižanov (zdroj: fotografie autora)



Obrázek č. 23: Typické koryto Bouřlivce nacházející se mezi obcemi Hrob a Jeníkov (zdroj: fotografie autora)



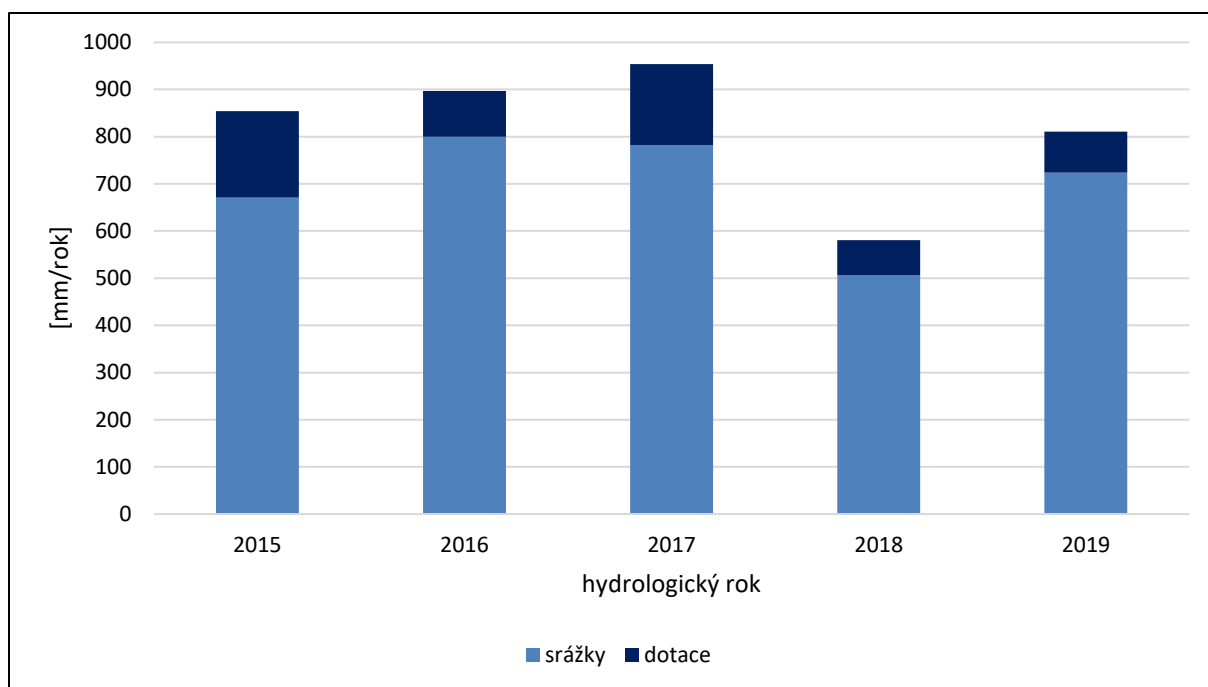
Obrázek č. 24: Mapa znázorňující oblasti se zpevněným nepropustným korytem toku, které znemožňuje infiltraci vody do podloží (zdroj: vlastní zpracování dat databáze ArcČR a databáze DIBAVOD na základě terénního šetření)

Jak již bylo řečeno, v oblastech, kde není koryto zpevněno nepropustným materiálem, probíhají pozvolné ztráty průtoku infiltrací. Tyto pozvolné ztráty vody nelze snížit, protože by to znamenalo vytvořit další nepropustná dna koryt v mnohakilometrových úsecích. Naopak při neuvážené likvidaci existujících nepropustných úseků vodních koryt například při revitalizaci může dojít k prohloubení ztrát tam, kde v podloží toku vystupují dostatečně propustné sedimenty a zároveň je hladina podzemní vody v prostředí mnohem níže než hladina v toku. Likvidaci současných nepropustných koryt by proto mělo předcházet určení hladiny podzemní vody v okolí toků (ve stávajících studních či vrtech, nebo v nových vrtech), a zjištění propustnosti prostředí z čerpacích zkoušek na těchto objektech. Pokud je zájem o zachování průtoku v korytě Bouřlivce a Loučenského potoka, měla by se revitalizace provádět jen v těch úsecích, kde hladina podzemní vody není pod úrovní toku, jinak hrozí zvýšení ztrát vody do podzemí. Infiltrovaná voda by totiž zřejmě mířila především do jámového dolu Bílina a nenadlepšila by odtok do vodního díla Všechlapy. Navíc nesmí zvýšená infiltrace ohrozit stabilitu svahů výsypek a dolů a zvýšený průtok či hladina vody je velmi významným spouštěčem případných sesuvů.

5.4.3.3 Vliv odběrů a dotací vod na hydrologickou bilanci

V povodí Loučenského potoka a Bouřlivce se nachází velké množství odběrů a vypouštění (dotací) vod, které mohou značně ovlivnit hydrologický režim toku. V této kapitole jsou popsány odběry a dotace ovlivňující přímo VD Všechlapy. Tyto odběry i dotace jsou podrobněji popsány v kapitole 8, kde jsou popsány všechny převody vod včetně těch, které se nachází v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce, ale již přímo neovlivňují množství vody ve VD Všechlapy. Celkovou hydrologickou bilanci pak mohou ovlivnit především dotace, které dosahují značně vyšších hodnot.

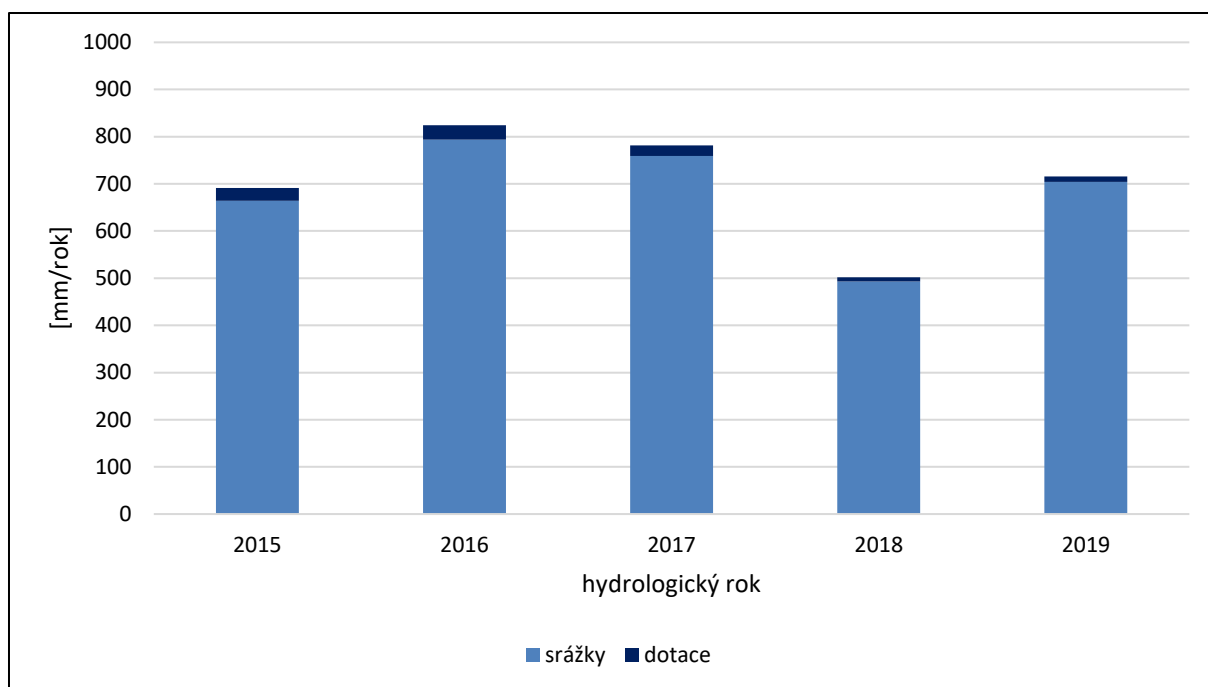
V povodí Loučenského potoka je největší množství vypouštěných vod (dotací) zaznamenáno z nadvýroby z VD Fláje. Dále se na nadlepšování průtoku značně podílí vypouštění komunálních vod či přečerpání důlních vod. Vliv vypouštění vod do povodí je znázorněn na obrázku č. 25. Je zde vidět, kolik mm/rok je dodáno do povodí z dotací vody v porovnání s úhrny srážek na povodí. Nejvíce byl Loučenský potok dotován v roce 2015 (183 mm/rok) a nejméně v roce 2018 (73 mm/rok). V povodí Loučenského potoka je zjevné, že dotace vody mají výrazný vliv na celkové množství vody v povodí.



Obrázek č. 25: Dotace vody v povodí Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře a z databáze HEIS)

Odběry v povodí je pak nutné rozdělovat na odběry z povrchových a podpovrchových vod. Odběry z povrchových vod v povodí Loučenského potoka, které ovlivňují množství vody ve VD Všechny, jsou minimální (v řádu jednotek mm/rok). Odběry podpovrchových vod jsou řádově vyšší, ale jejich vliv na hydrologickou bilanci z povodí není tak jednoznačný. Pokud se voda ze srážek vsákne, dosáhne úrovně podzemní vody a je pak přečerpávána na povrch, je nutné takto odebrané množství vody do hydrologické bilance zařadit. Tato voda by totiž jinak časem otekla ve formě bazálního odtoku. Záleží však na hydrogeologii povodí.

V povodí Bouřlivce je množství vypouštěných vod (dotace vody) oproti Loučenskému potoku značně nižší. Nejvyšší dotace byly zaznamenány v roce 2016 (30 mm/rok) a naopak nejnižší opět v roce 2018 (9 mm/rok). Největší množství vypouštěných vod je z Obřího pramene. Vliv vypouštění vod do povodí v porovnání s úhrny srážek je znázorněn na obrázku č. 26.



Obrázek č. 26: Dotace vody v povodí Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře a z databáze HEIS)

Co se týká odběrů povrchových vod z povodí, největší množství je odebíráno společnostmi Sport centrum Bouřňák, Golf Barbora a AGC Flat Glass Czech. Vliv na celkovou hydrologickou bilanci je však minimální (jednotky mm/rok). Množství vody ve vodní nádrži Všechlapy pak ovlivňují také samotné odběry z vodní nádrže.

V této práci však bylo zjištěno, že evidované odběry vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce nejsou pro ztrátu vody ve VD Všechlapy zásadní. Při terénním měření bylo nalezeno mnoho dalších odběrů vody neevidovaných. Odsud však nejsou k dispozici kontinuální data o odběrech vody. V rámci podélného profilování průtoků zde byly naměřeny vždy konkrétní hodnoty. Více o této problematice je ve výsledcích práce.

5.4.4 Historie přeměny vodních toků

Koryta toků Loučenského potoka a Bouřlivce jsou v důsledku těžby hnědého uhlí z velké míry uměle vybudována. Díky těžbě zde vznikla jiná morfologie krajiny, sídelní struktura a pozměněna musela být také síť vodních toků. Vodní toky musely být v minulosti přeloženy ze zájmového území, aby nebránily při dobývání ložisek hnědého uhlí. Cílem bylo také snížení hladiny podzemní vody (Santnerová 2019).

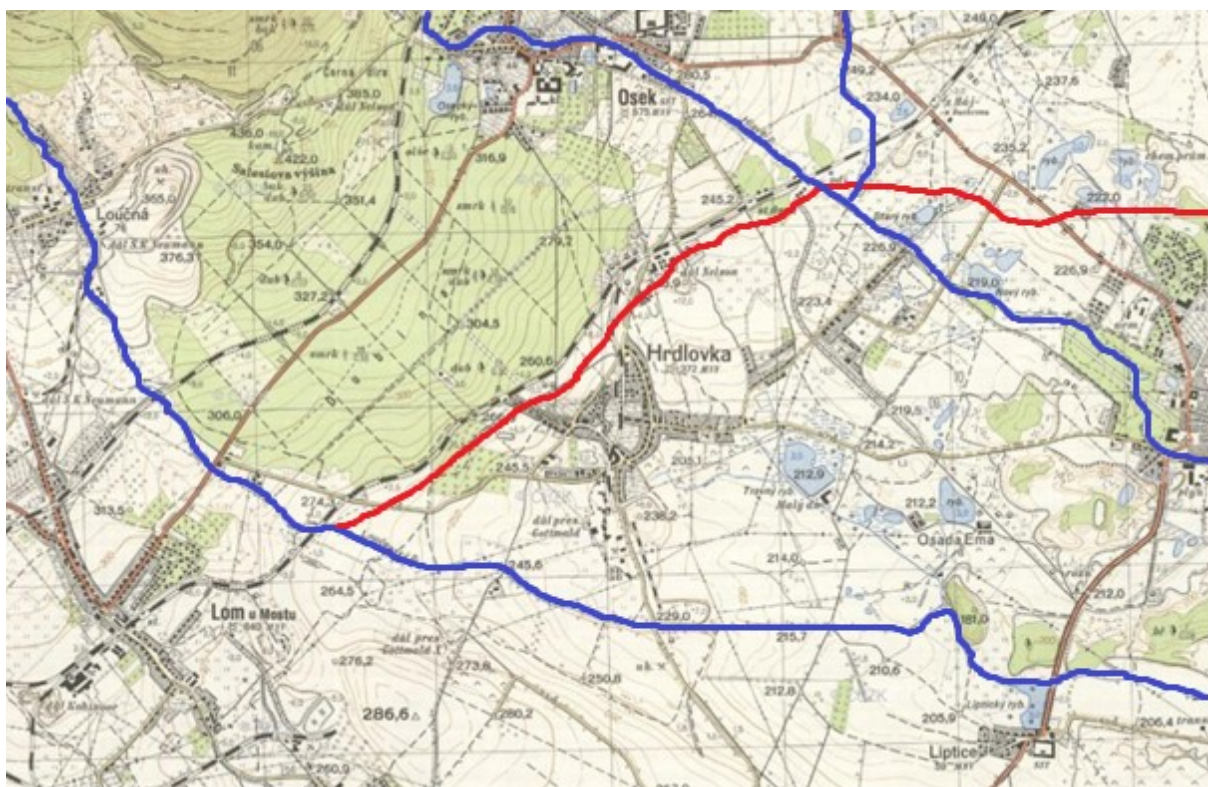
Původní koryto Loučenského potoka dříve směřovalo od severozápadu k jihovýchodu územím dnešního lomu Bílina a výsypky Pokrok (obrázek č. 27). To dokazuje mimo jiné geologická a pedologická mapa povodí (obrázky č. 5 a 29). Na těchto mapách jsou v místech, kudy původně protékalo koryto Loučenského potoka, znatelné fluviální a nivní sedimenty a fluvizem. Loučenský potok byl přeložen nad území lomu a sveden společně s ostatními toky do jednoho recipientu, který dále vede k severovýchodu do Bouřlivce nad VD Všechny. Společně s Loučenským potokem byly přeloženy také Radčický a Lomský potok, které dnes patří mezi přítoky Loučenského potoka. Tato významná změna v síti vodních toků byla dokončena v 60. letech minulého století. Problematikou odvodňování lomu Bílina se mimo jiné zabýval například Schwarz (2015).

Značné části Loučenského potoka a Radčického potoka jsou tedy tzv. přeložky. V případě Radčického potoka jde o přeložku od obce Louka u Litvínova, kde se nachází rozdělovací objekt. Přeložka Radčického potoka pak končí v místech soutoku s původním korytem Loučenského potoka. Odtud pokračuje přeložka Loučenského potoka. Zbytková koryta Radčického a Lomského potoka ústí v retenci Lobkovice II, aby se nežádoucí voda nedostávala do oblasti lomu Bílina.

Ke změně došlo také na Oseckém potoce. Místem, kudy původně Osecký potok protékal, nyní protéká přeložka Loučenského potoka a Osecký potok byl tedy touto přeložkou rozdělen. Horní část toku napájí Loučenský potok a zbytkové koryto Oseckého potoka poté odvádí vodu z Loučenského potoka do obce Duchcov.

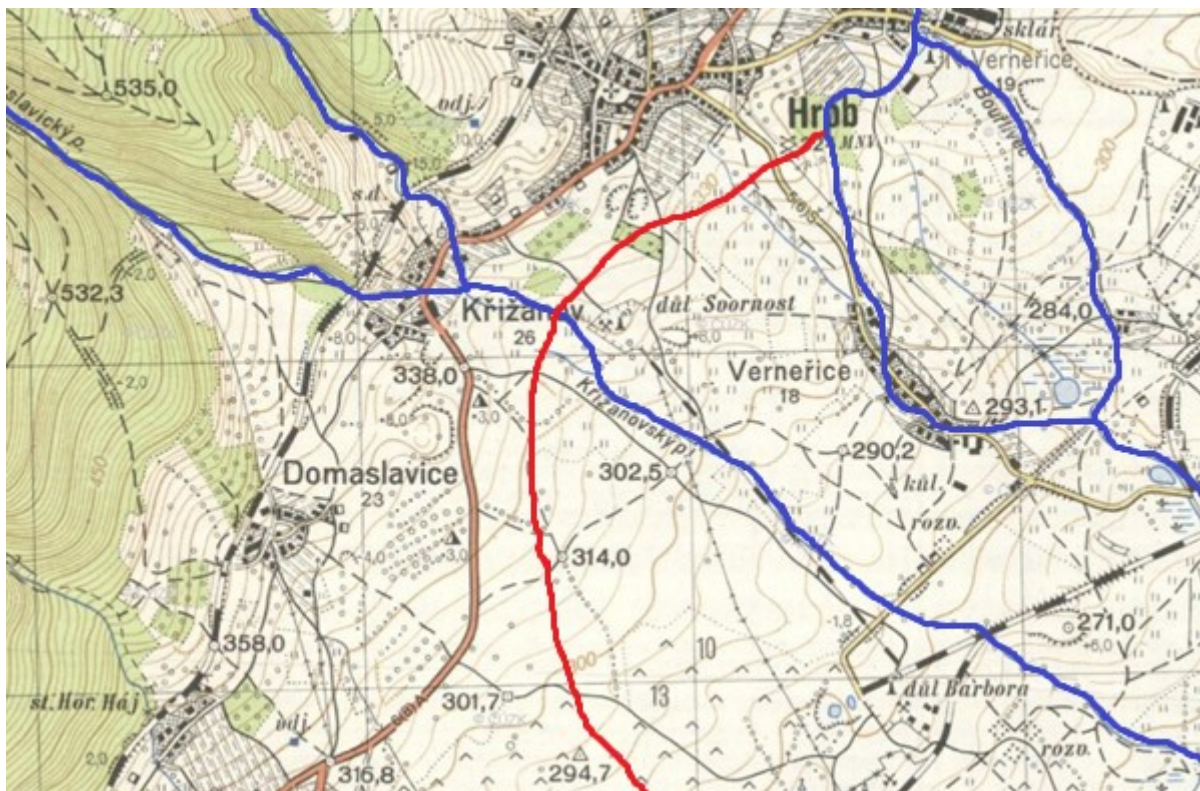
Původní koryto Loučenského potoka z oblasti dnešní výsypky Pokrok z roku 1954 je znázorněno na obrázku č. 27. Modře jsou zvýrazněna koryta z roku 1954 a červeně je vyznačen přibližný průběh dnešní přeložky Loučenského potoka. Loučenský potok na obrázku protéká jižně od obce Hrdlovka a dále severně od obce Liptice. Obě tyto obce zanikly v sedmdesátých letech 20. století. Dnešní přeložka Loučenského potoka vede podél zakreslené železniční dráhy vedoucí přes obce Lom u Mostu a Hrdlovka. Na obrázku je vidět také Hlavní potok vedoucí přes obec Osek, dnes známý jako Osecký potok, který vedl dále na jih do Duchcova. Do

Oseckého potoka původně ústil potok Hajský, dnešní přítok Loučenského potoka. Na obrázku jsou zřetelné i některé velké rybníky, jako je Starý rybník u obce Duchcov, nebo Nový rybník, dnes známý jako Dubský. U obce Hrdlovka se také nachází Osada Ema, podle které se dnes v některých zdrojích nazývá retenční nádrž Jana.



Obrázek č. 27: Topografická mapa v systému S-1952 v měřítku 1:25 000 z roku 1954, výřez Hrdlovka. Modře jsou na obrázku znázorněna původní koryta, červeně pak dnešní přeložka Loučenského potoka. (zdroj: Geoportál ČÚZK)

V povodí Bouřlivce je významná přeložka okolo bývalého lomu Barbora. Ten je dnes zatopený a vznikla tak stejnojmenná vodní nádrž Barbora. V budoucnu je v plánu stejné zatopení i lomu Bílina z Radčického potoka. Na obrázku č. 28 je vidět průběh původního koryta Bouřlivce, který z obce Hrob pokračoval dále na jihovýchod. Je zde také vidět původní průběh Křižanovského potoka. Modře jsou na obrázku zvýrazněna koryta z roku 1954 a červeně je vyznačen přibližný průběh dnešní přeložky Bouřlivce.



Obrázek č. 28: Topografická mapa v systému S-1952 v měřítku 1:25 000 z roku 1954, výřez Hrob. Modře jsou na obrázku znázorněna původní koryta, červeně pak dnešní přeložka Bouřlivce (zdroj: Geoportál ČÚZK)

V povodí Loučenského potoka a Bouřlivce došlo u mnoha toků také k napřímení koryta. Tím se stala koryta toku nepřírozenými a méně vyhovujícími. Díky zahloubení a napřímení se voda z povodí dostává rychleji a nestačí se v něm udržet. Možnou revitalizací přeložky Loučenského potoka se ve své práci zabývaly například Santnerová (2019) nebo Semerádová (2015). Zhodnocením stavu koryta Bouřlivce a okolních porostů se zabírala Křivánková (2009). Hydromorfologický průzkum v roce 2020 zhotovil Jonáš (2020). Z výsledků terénního monitoringu v této práci vyplývá zesílený antropogenní vliv na Loučenský potok a Bouřlivec. Bouřlivec byl dokonce v této práci charakterizován třetí třídou hydromorfologické kvality, která odpovídá středně modifikovanému toku. To je způsobeno především modifikovaným využitím břehů, příbřežní zóny a inundačního území, nebo také charakterem opevnění dna. Ty jsou navzdory mírnému spádu nevhodně stabilizačně opevněny kamennou dlažbou, která neumožňuje rozvoj fluvialních struktur dna a brání propojení vody v korytě s podzemní vodou. O něco lépe v této práci dopadl Loučenský potok, kterému byla přidělena třída hydromorfologické kvality – slabě modifikovaný. Přestože se i na tomto toku nachází značně modifikované úseky, jedná se pouze o lokální výskyt (Jonáš 2020).

5.5 Hydrogeologická charakteristika

Povodí Loučenského potoka a Bouřlivce se nachází na pomezí tří hydrogeologických rajonů – Krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu, Teplický ryolit a Mostecká pánev. Hydrogeologický rajon je území s obdobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění a proudění podzemní vody, složené z jednoho a více útvarů podzemních vod. Vymezuje se na základě přírodních charakteristik v hloubkové svrchní, základní a hlubinné vrstvě (ČHMÚ 2021).

Zájmové povodí se vyznačuje poměrně komplikovanou geologickou stavbou. Tím jsou předurčeny složité hydrogeologické poměry. Navíc byly původní hydrogeologické poměry zásadním způsobem pozměněny těžbou hnědého uhlí. Paradoxem však je, že se tím dočasně vytvářely příznivější hydrogeologické poměry. Ale jen do té doby, než se jámy zaplnily výsypkami (Schwarzová 2012).

V pramenné oblasti zájmového povodí se nachází rajon Krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu. V Krušnohorském krystaliniku jsou dominantními horninami ortometamorfity. Nachází se zde také parametamorfity, ale ty jsou zachovány jen buď jako denudační trosky obalové partie, nebo jako tektonicky zakleslé kry nevelkých rozměrů. Díky svému složení je Krušnohorské krystalinikum velmi slabě puklinově propustné. Krystalinické horniny jsou však silně postiženy alterací různé intenzity. Jedná se o husté rozpukání hornin až částečnou nebo úplnou destrukci hornin. Výsledkem je snížení pevnosti hornin, případně až ztráta soudržnosti (Žižka 2019, Tichý 2017, Krúpa 2018).

Ve zbytku povodí Bouřlivce až pod vodní nádrž Všechny se nachází rajon Teplický ryolit. Ten je propustnější než metamorfované krystalinikum. Oblastí infiltrace ryolitové zvodně jsou Krušné hory. V nadloží ryolitové zvodně jsou uloženy sedimenty svrchní křídly v podobě slínovců. Ty jsou pokládány za hydrogeologický izolátor (Žižka 2019).

Většina povodí Loučenského potoka se pak nachází v rajonu Severní část Mostecké pánve. V Mostecké pánvi se vlivem hlubinné těžby mnohonásobně zvýšila původně malá propustnost uhelné sloje. Dochází také ke snižování hladin podzemních vod v celém regionu vlivem odčerpávání důlních vod. Vlivem ukončení činnosti hlubinných dolů a přerušení čerpání důlních vod dochází k postupnému nastoupání podzemních stařinových vod v regionu, kdy vlivem jejich stoupání dochází k ovlivnění doposud činných povrchových dolů (Schwarzová 2012, Vesmír 2017).

5.6 Pedologická charakteristika

Pedologická charakteristika povodí Loučenského potoka a Bouřlivce je znázorněna pomocí půdních typů na obrázku č. 29. I v této oblasti je výskyt jednotlivých půdních typů podmíněn výškovou stupňovitostí a s ní spojenými klimatickými a morfologickými podmínkami. V nejvyšších polohách povodí se nachází podzoly, které jsou pro horské podmínky typické. Jde o výrazně sorpčně nenasycenou půdu s nízkým pH, vysokým obsahem hliníku a vysokým obsahem humusu nízké kvality. Hlavním půdotvorným procesem je podzolizace. Na podzoly pak navazují kryptopodzoly. Kryptopodzol je také typický pro horské podmínky, má charakteristický spodický horizont žlutorezavé barvy s nízkou objemovou hmotností a vysokou kyprostí, půda je pH kyselá a má nepříznivé sorpční vlastnosti. Hlavním půdotvorným procesem je též podzolizace společně s intenzivním vnitropůdním zvětráváním (Tomášek 2007).

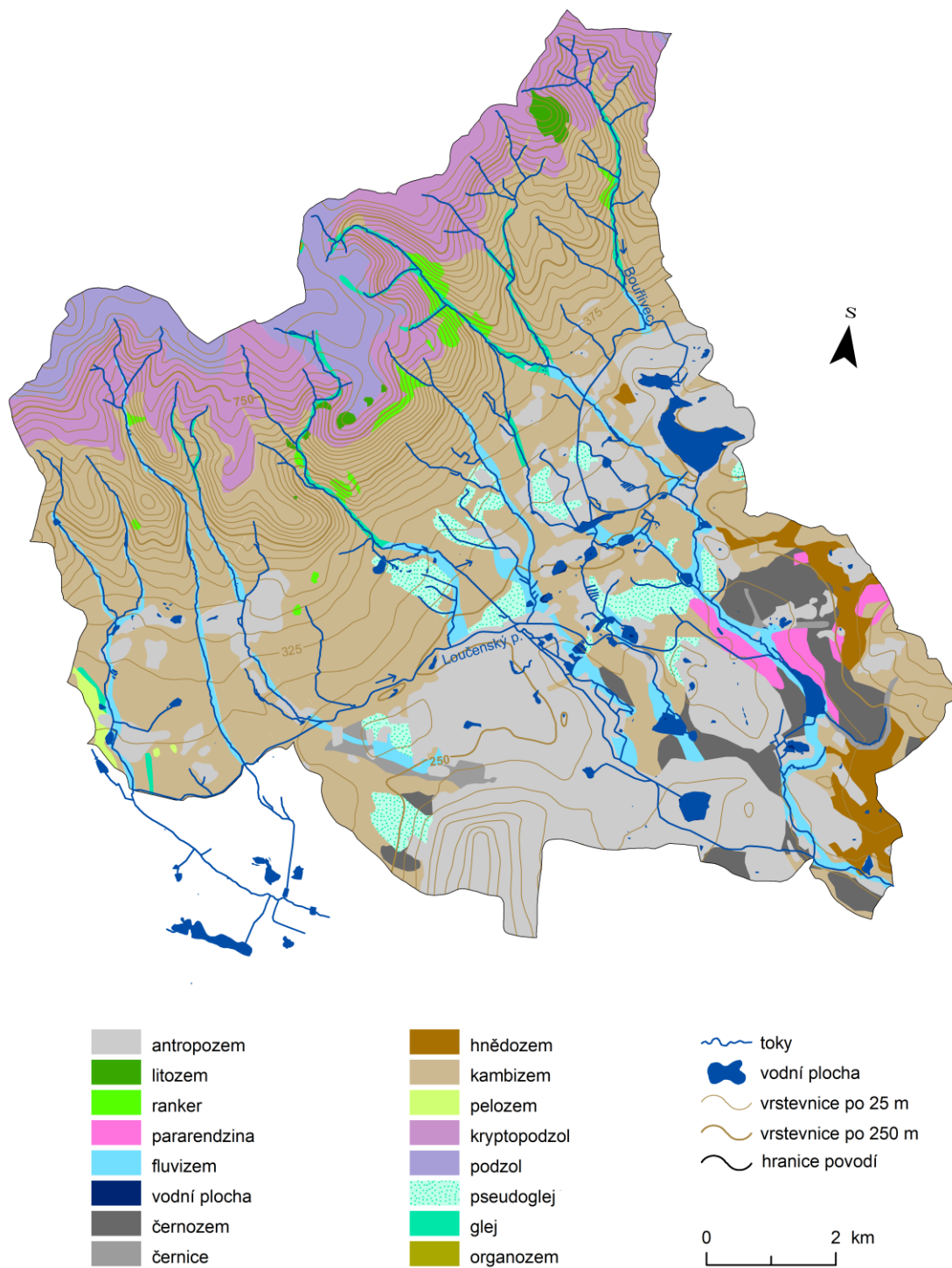
Ve střední části povodí se nachází především kambizem. Jedná se o nejrozšířenější půdní typ na území Česka, který se nachází především na svazích pahorkatin, vrchovin a hornatin. Jelikož se jedná o velmi rozšířený půdní typ, je zde velká rozmanitost z hlediska trofismu, zrnitosti, chemických i fyzikálních vlastností a forem nadložního humusu. V povodí se nachází kambizem modální, dystrická, mesobazická, oglejená, psefitická, rankerová, glejová, luvická a další. Hlavním půdotvorným procesem kambizemí je intenzivní vnitropůdní zvětrávání. Ve střední části povodí se nachází také oblasti s půdními typy litozem a rankern. Jde o slabě vyvinuté půdy typické svou skeletovitostí a mělkostí profilu (Tomášek 2007).

V nejnižší položené části povodí kvůli těžební činnosti převládá antropozem. V oblasti okolo toků se nachází glej a fluvizem. Glej se nachází v nivách vodních toků a má typický glejový horizont, dlouhodobě provlhčený podzemní i povrchovou vodou. Hlavním půdotvorným procesem je glejový proces. Fluvizem se nachází v nivách v nižších polohách toků a vzniká z povodňových sedimentů. Tento půdní typ je charakterizován svou vrstevnatostí a jeho fyzikální vlastnosti jsou poměrně příznivé. Převládajícím půdotvorným procesem je periodické přerušování akumulací činnosti vodního toku. Fluvizem je znatelná také v místech, kudy původně protékalo koryto Loučenského potoka (Tomášek 2007).

V pramenných oblastech toků se vyskytuje kambizem glejová a oglejená. V povodí se nachází také pseudogleje, jejímž hlavním půdotvorným procesem je tzv. oglejení. Dále v povodí lze nalézt úrodnou černozem, černici a hnědozem (Tomášek 2007).

I v této oblasti došlo v minulosti k velkoplošnému mýcení. Tím se uvolnily velké plochy pro ornou půdu, která je však po orbě vystavena odnosu působením srážkové vody. Na polích

pak dochází ke smývání velkého množství jemného materiálu, který se hromadí v údolích. Odnos půdy převyšuje na většině míst přirozené zvětrávání. K erozi přispívá také velkoplošné pěstování plodin a současně absence remízků a mezí (Weber a kol. 2007).



Obrázek č. 29: Pedologická mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat České geologické služby, databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)

5.7 Biogeografická charakteristika

Zájmové území z biogeografického hlediska spadá do provincie Středoevropských listnatých lesů, do Hercynské podprovincie. V rámci podprovincie je povodí Loučenského potoka a Bouřlivce rozděleno do tří bioregionů – Krušnohorský, Mostecký a Milešovský. V zájmovém povodí je možné vymezit celkem 33 biochor (Culek a kol. 2013).

Krušnohorský bioregion leží z fyto geografického hlediska částečně v podokrese Krušnohorské podhůří vlastní a částečně v okrese Krušné hory. V krušnohorském bioregionu jsou vyšší části svahů pokryty lesy s dominantním zastoupením buku. Strmé skeletovité svahy pokrývají suťové lesy. V nižších částech svahů jsou potenciálně vyvinuty acidofilní doubravy a podél potoků se nachází olšiny. Z květeny zde převažuje středoevropská lesní flóra středních a vyšších poloh. Charakteristické druhy jsou například zimolez černý, věsenka nachová a třtina chloupkatá. Původně zastoupená charakteristická hercynská horská fauna byla značně pozměněna antropogenními vlivy. Osídlení bioregionu způsobilo tlak na lesní porost, což způsobilo změnu jeho druhové skladby, kdy docházelo například k devastaci smrkových porostů vlivem emisí (Culek a kol. 2013).

Mostecký bioregion patří do fyto geografického okresu Podkrušnohorská pánev. V potenciální vegetaci převažují teplomilné doubravy. Podél toků se vyskytují luhy asociace *Pruno padi-Fraxinetum excelsioris*. Polopřirozenou náhradní vegetaci svahů s jižní expozicí tvoří xerothermní travinobylinná vegetace, na kterou navazují křovinné pláště svazů *Prunion spinosae* a *Berberidion*. V přirozené vegetaci je zastoupena řada exklávních prvků reliktního charakteru, zpravidla kontinentálního ladění. K nim patří například hlaváček jarní, hadí mord nachový, kozinec bezlodyžnatý a ostrice černoklasá. Flóru dnes tvoří převážně expanzivní ruderalní druhy, například třtina křovištní a ovsík vyvýšený, doplněné řadou neofytů s obdobným chováním. Fauna Mosteckého bioregionu je silně ochuzená, což je způsobeno především velkoplošnou devastací krajiny a nedostatkem lesních společenstev. Zajímavé jsou oblasti výsypek, které osídlily specifické druhy jako například linduška úhorní nebo strnad luční. V oblastech rekultivací se vyskytují sukcesní stadia, závislá na charakteru a úrovni sukcese rostlinných společenstev. Specifickým biotopem jsou v této oblasti umělé vodní nádrže významné zejména pro hnízdění některých druhů ptáků (Culek a kol. 2013).

Milešovský bioregion zasahuje do termofytického okresu Lounsko–labské středohoří, kde v zájmovém území se nachází fyto geografický podokres Labské středohoří. Jde o malé území na jihovýchodě povodí. Potenciální vegetací severních expozic nejvyšších poloh jsou květnaté bučiny a nižší partie svahů zabírají dubohabřiny. Na druhotně odlesněných místech se

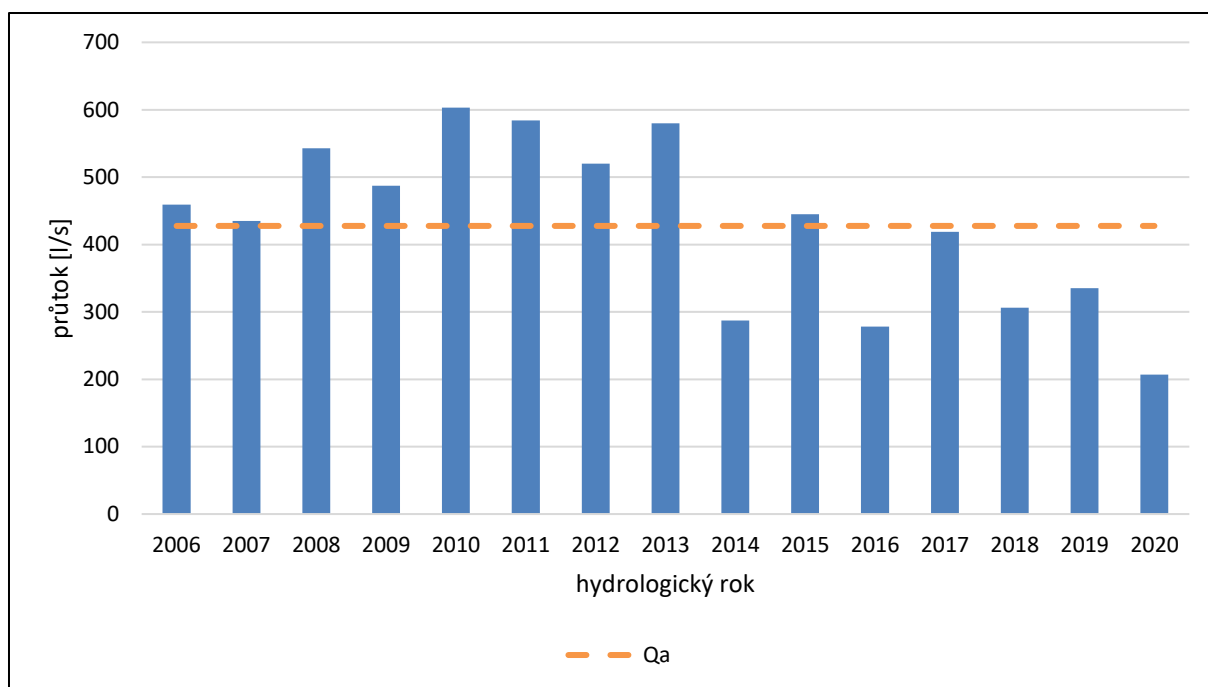
vyskytují xerothermní trávníky. Květena je zde poměrně bohatá, podmíněná vysokou diverzitou ekotopů s různými stanovištními podmínkami. V lesní flóře se nejčastěji vyskytují běžné střeoevropské druhy, například jaterník podléška a pižmovka mošusová, včetně podhorských prvků, jako je například věsenka nachová a kakost lesní (Culek a kol. 2013).

6 Hydrologické sucho v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v roce 2020

Pro hodnocení hydrologického sucha v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v roce 2020 jsou využity různé parametry. Prvním parametrem použitým v této práci jsou průměrné roční průtoky z celé řady pozorování. Z těchto dat lze porovnat roční průměrný průtok v hydrologickém roce 2020 s roky předchozími. Poté se s roky předchozími porovnává počet suchých dní v hydrologickém roce 2020. K tomu je využita především prahová hodnota Q_{355d} , ale i hodnoty Q_{364d} , Q_{330d} a Q_{300d} . Vypočtené hodnoty jednotlivých prahových hodnot pro limnigrafy Duchcov a Lahošť jsou uvedeny v tabulce č. 2. Dále je zkoumán samotný rok 2020 a průběh křivky průměrných denních průtoků na obou limnigrafech. K určení intenzity suchých období slouží v této práci nedostatkové objemy.

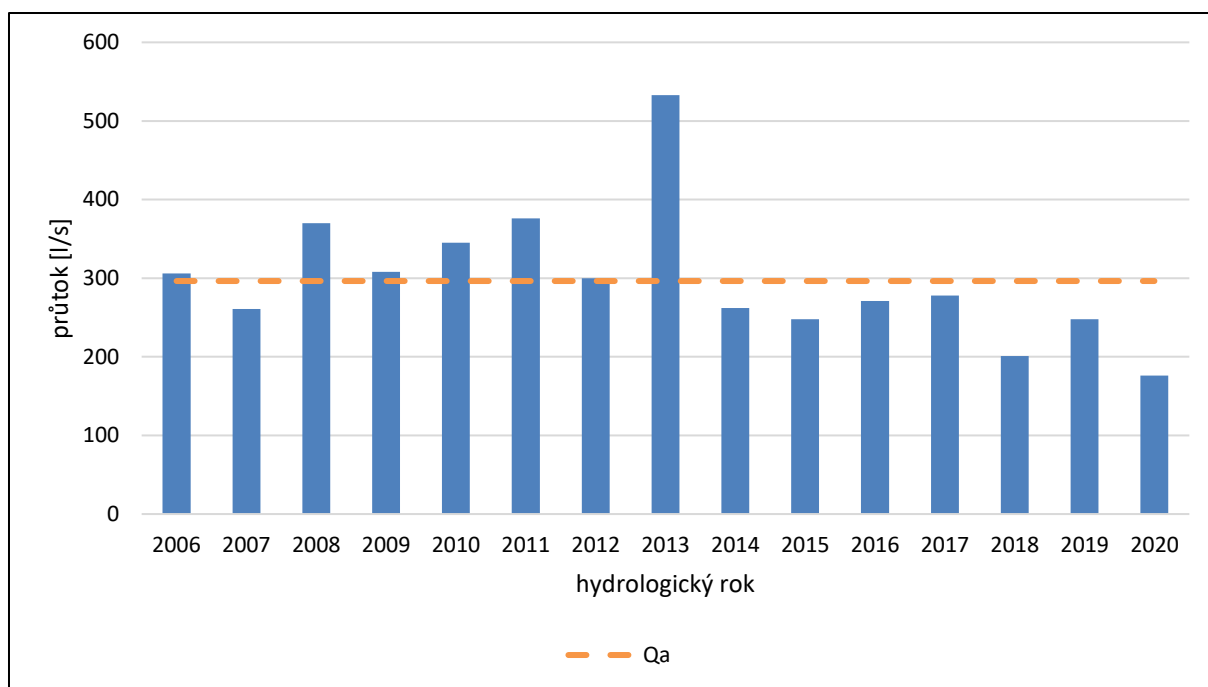
6.1 Chod průměrných ročních průtoků

Průměrné roční průtoky za sledované období na daných limnigrafech znázorňující nevyrovnanost odtoku jsou zobrazeny na obrázcích č. 30 a 31. Na obrázku č. 30 je zřetelné, že rok 2020 na limnigrafu Duchcov byl jednoznačně nejsušším rokem od začátku měření. Byl zde vypočten průměrný roční průtok pouhých 207 l/s, tj. přibližně dvakrát méně oproti dlouhodobému průměru. Podprůměrné průtoky jsou rovněž zaznamenány již od roku 2014. Výjimkou je pouze rok 2015, kdy byla naměřena nadprůměrná hodnota průměrného ročního průtoků. Na obrázku č. 30 je také znázorněn dlouhodobý průměrný průtok s hodnotou 431 l/s.



Obrázek č. 30: Průměrné roční průtoky pro hydrologické roky z období 2006 až 2020 na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Průměrný roční průtok pro hydrologický rok 2020 na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci je zobrazený na obrázku č. 31. Rok 2020 je opět nejsušším rokem z celé řady pozorování a jeho průměrný roční průtok má hodnotu 176 l/s. Podprůměrné průtoky jsou rovněž zaznamenány již od roku 2014. Na rozdíl od limnigrafu Duchcov byl však jako hydrologicky podprůměrný zaznamenán i rok 2015. Na obrázku č. 31 je také znázorněn dlouhodobý průměrný průtok s hodnotou 297 l/s.



Obrázek č. 31: Průměrné roční průtoky pro hydrologické roky 2006 až 2020 na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Jak u limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce, tak u limnigrafu Lahošť na Bouřlivci lze konstatovat, že v roce 2020 byly naměřeny nejnižší průměrné roční průtoky z celé řady pozorování. Nízké průtoky byly na obou limnigrafech zaznamenány již od roku 2014, který je v Česku považován za počátek suchého období trvajícího do současnosti. Výjimkou je pouze rok 2015 na limnigrafu Duchcov, ve kterém byl naměřen průměrný roční průtok mírně nadprůměrný. Průměrné roční průtoky za hydrologické roky 2006 až 2020 jsou vypsány v tabulce č. 5. Červenou barvou jsou pak znázorněny roční průtoky s hodnotou nižší, než je dlouhodobý průměr.

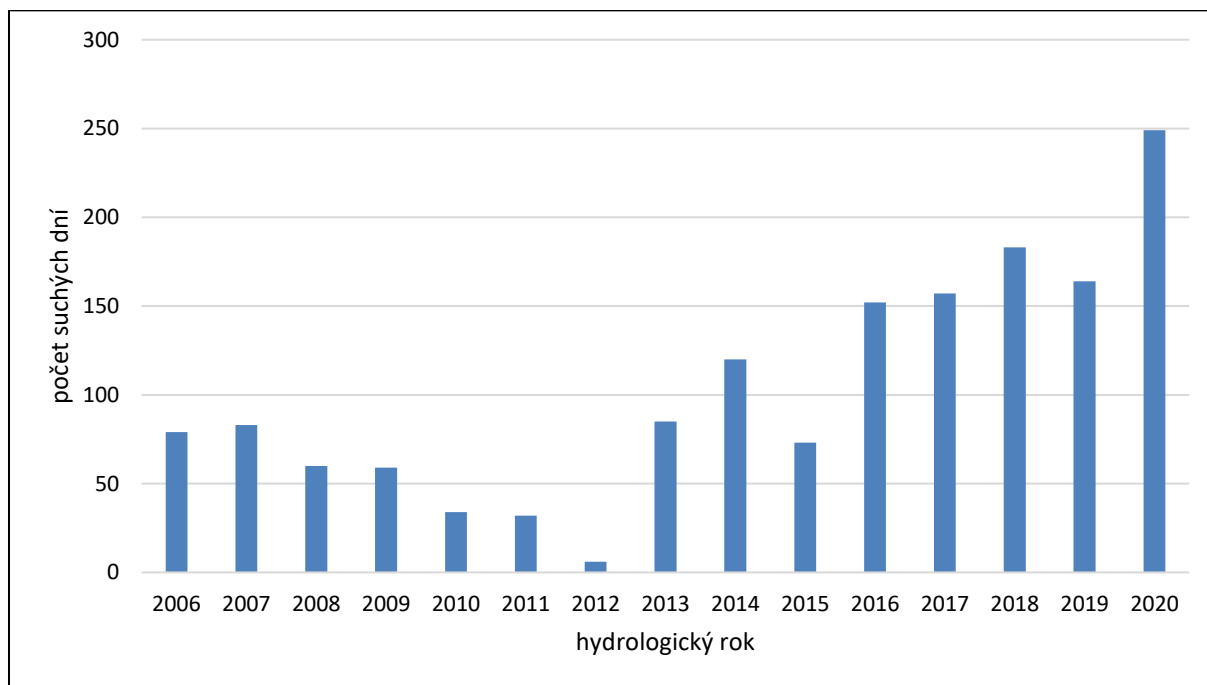
Tabulka č. 5: Průměrné roční průtoky pro hydrologické roky 2006 až 2020 na limnigrafech Duchcov a Lahošť (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

rok	Duchcov [l/s]	Lahošť [l/s]	rok	Duchcov [l/s]	Lahošť [l/s]
2006	459	306	2014	287	262
2007	435	261	2015	445	248
2008	543	370	2016	278	271
2009	487	308	2017	419	278
2010	603	345	2018	306	201
2011	584	376	2019	335	248
2012	520	300	2020	207	176
2013	580	533			

6.2 Počet suchých dní

Dalším využitým parametrem pro analýzu hydrologického sucha je počet suchých dní v roce. Podstatou hodnocení suchých dní je stanovení prahové hodnoty a následné porovnání zvolené prahové hodnoty s hodnotami průměrných denních průtoků příslušného profilu. Pokles průtoku pod zvolenou prahovou hodnotu značí výskyt hydrologického sucha. V této práci bude ke stanovení počtu suchých dní nejdříve využita prahová hodnota Q_{355d} , kterou využívá ČHMÚ.

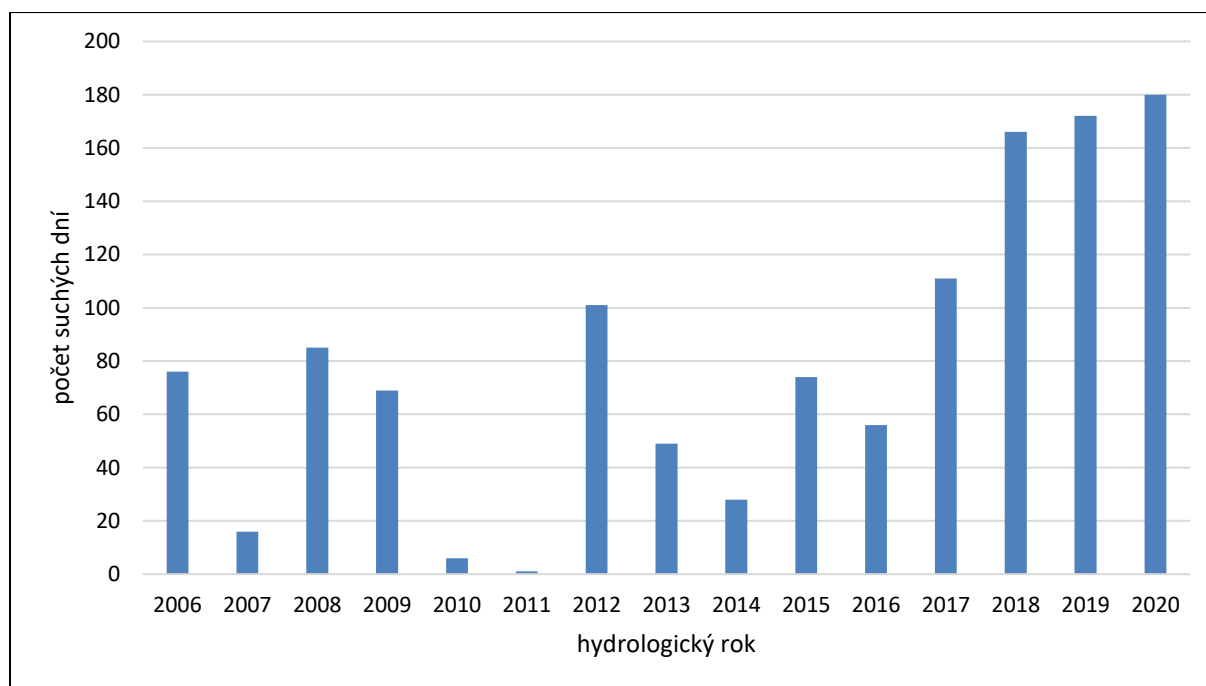
Na limnigrafu Duchcov bylo za sledované období zaznamenáno extrémních 1 536 suchých dní. To znamená, že v 1 536 případech klesl průměrný denní průtok pod hodnotu Q_{355d} , respektive 157 l/s. Z hlediska rozložení je však zřejmá velká nepravidelnost. Počet suchých dní na limnigrafu Duchcov je možné pozorovat na obrázku č. 32. Nejvyšší počet suchých dní byl zaznamenán v roce 2020, ve kterém byl průměrný denní průtok pod limitní hodnotou Q_{355d} celkem 249krát. Z hlediska počtu suchých dní jsou dále podstatné roky 2016 až 2019. Nejnižší počet suchých dní byl pozorován v roce 2012. Na obrázku č. 32 je také vidět, že od roku 2006 dochází k postupnému poklesu suchých dní až do roku 2012. Od roku 2012 pak dochází k postupnému nárůstu hydrologicky suchých dní (výjimkou jsou roky 2015 a 2019, kdy byl naměřen nižší počet suchých dní než v roce předešlém).



Obrázek č. 32: Počet suchých dní naměřených na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce v hydrologických letech 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci bylo naměřeno celkem 1 190 suchých dní. Na obrázku č. 33 je znázorněno, že nejvyšší počet suchých dní, konkrétně 180, byl opět naměřen

v roce 2020. Z toho vyplývá, že přibližně v polovině roku 2020 měl průtok hodnotu nižší než Q_{355d} . V hydrologickém roce 2011 byl na profilu Lahošť pozorován pouze jeden suchý den. Na obrázku č. 33 lze také pozorovat výraznější nepravidelnosti výskytu počtu suchých dní oproti profilu Duchcov s patrným nárůstem výskytu suchých dní od roku 2016.



Obrázek č. 33: Počet suchých dní naměřených na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci v hydrologických letech 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Z informací o počtu suchých dní v roce 2020 v porovnání s lety předchozími je zřejmé, že rok 2020 byl extrémně suchý. Dále je na obrázcích č. 32 a 33 viditelné, že u všech hydrologických let se objevily dny s průměrnou denní hodnotou nižší než Q_{355d} . Minimální množství bylo zaznamenáno v roce 2011 na limnigrafu Lahošť, kdy byl zaznamenán pouze jeden suchý den. V tento rok byly na limnigrafu Lahošť zaznamenány i poměrně vysoké průměrné roční průtoky. Mezi počty suchých dní na limnigrafech Duchcov a Lahošť existuje jistá podobnost, která je zřetelná především pro rok 2015. V tento rok se od sebe počty suchých dní na obou profilech lišily pouze o jeden jediný den. Podobnost je zřetelná také u let 2006 a 2019. Naopak největší rozdíl v počtu suchých dní mezi limnigrafy jsou zaznamenány v roce 2012. Na limnigrafu Duchcov se v tento rok objevilo pouhých 6 dní sucha a na limnigrafu Lahošť 101 suchých dní.

Hydrologické sucho z hlediska počtu suchých dní je v této práci analyzováno i pomocí prahových hodnot Q_{364d} , Q_{330d} a Q_{300d} . Průtok Q_{364d} má na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce hodnotu 143 l/s. Pod tuto hodnotu průměrný průtok v roce 2020 klesl ve 244 případech.

Z 249 suchých dní (s průtokem nižším než hodnota Q_{355d}) se tedy většina nacházela také pod prahovou hodnotou Q_{364d} . Většina suchých dní se tedy dá označit za extrémní. Na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci má průtok Q_{364d} hodnotu 63 l/s a v hydrologickém roce 2020 bylo na tomto limnigrafu zaznamenáno 173 průtoků nižších než Q_{364d} . I zde bylo tedy zaznamenáno významné extrémní období sucha.

Třetím využitým prahovým průtokem je Q_{330d} . Na limnigrafu Duchcov má tento průtok hodnotu 180 l/s a v hydrologickém roce 2020 bylo nižších průtoků zaznamenáno 262. Pro limnigraf Lahošť má průtok Q_{330d} hodnotou 79 l/s a v daném roce mělo nižší hodnotu průtoků 204 dní. Na obou limnigrafech byl tedy zjištěn velmi vysoký počet dní s průměrným průtokem nižším než Q_{330d} .

Posledním použitým prahovým průtokem je Q_{300d} . Na limnigrafu Duchcov byla jeho hodnota vypočtena na 203 l/s a průtoků nižších než tato hodnota bylo v hydrologickém roce 2020 na limnigrafu Duchcov nalezeno 279. Na limnigrafu Lahošť má průtok Q_{300d} hodnotu 94 l/s a nižších průtoků než je tato hodnota bylo v hydrologickém roce 2020 nalezeno 222. Hydrologický rok 2020 byl i z tohoto hlediska nadprůměrně suchý. Všechny počty suchých dní vztažených k prahovým hodnotám Q_{300d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} za sledované období jsou zaznamenány v tabulkách č. 6 a 7.

Tabulka č. 6: Počty suchých dní vztažených k hodnotám Q_{300d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

rok	počet suchých dní Q_{300d}	počet suchých dní Q_{330d}	počet suchých dní Q_{355d}	počet suchých dní Q_{364d}
2006	118	99	79	70
2007	119	104	83	70
2008	72	68	60	53
2009	85	74	59	51
2010	149	40	34	28
2011	54	50	32	29
2012	10	8	6	5
2013	97	89	85	84
2014	169	152	120	112
2015	104	88	73	67
2016	196	174	152	143
2017	193	178	157	148
2018	188	188	183	183
2019	166	165	164	164
2020	279	262	249	244

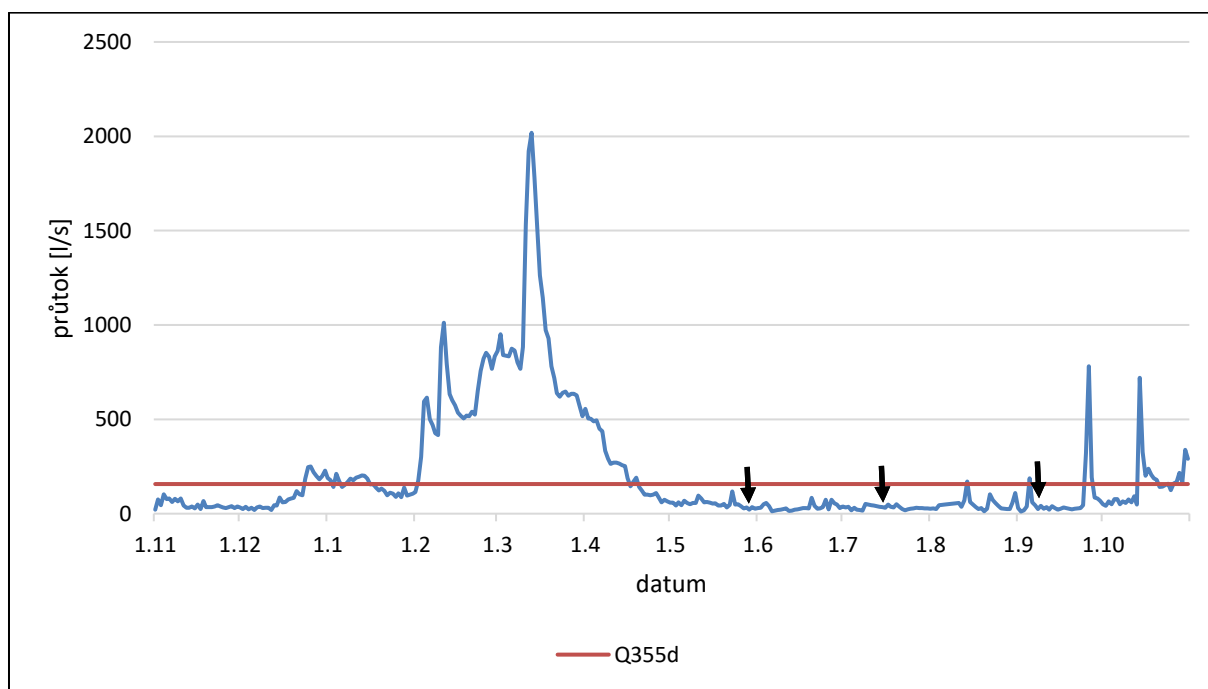
Tabulka č. 7: Počty suchých dní vztažených k hodnotám Q_{300d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

rok	počet suchých dní Q_{300d}	počet suchých dní Q_{330d}	počet suchých dní Q_{355d}	počet suchých dní Q_{364d}
2006	163	140	76	53
2007	70	40	16	13
2008	129	115	85	72
2009	132	101	69	64
2010	35	16	6	6
2011	78	7	1	1
2012	150	135	101	97
2013	53	52	49	47
2014	62	45	28	20
2015	96	85	74	69
2016	82	75	56	55
2017	133	121	111	108
2018	172	169	166	165
2019	184	175	172	168
2020	222	204	180	173

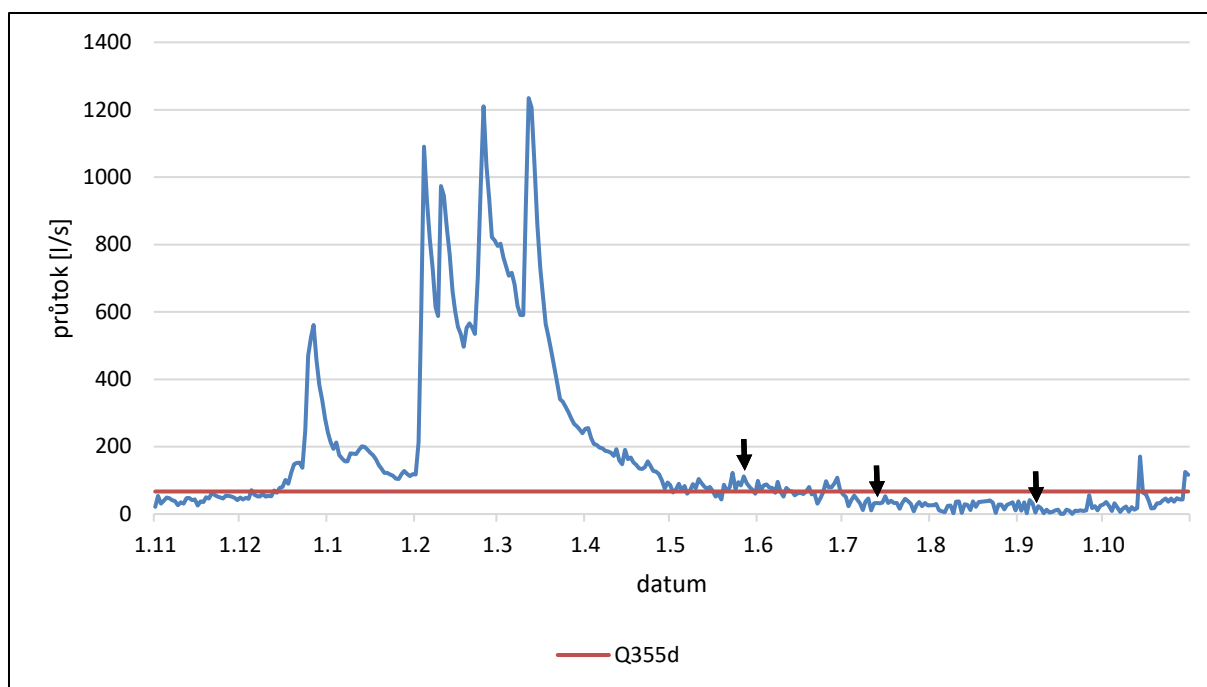
6.3 Průběh hydrologického roku 2020

Vhodným kritériem pro hodnocení hydrologického sucha je také analýza na základě křivky průměrných denních průtoků. Na obrázcích č. 34 a 35 jsou průměrné denní průtoky graficky porovnávány s prahovou hodnotou Q_{355d} . Černými šipkami v grafu jsou znázorněna data, ve kterých probíhalo podélné profilování průtoků. První část roku je na obou limnigrafech z pohledu průběhu průměrných denních průtoků podobná. Na obou limnigrafech bylo zaznamenáno suché období již od počátku hydrologického roku 2020. Na limnigrafu Duchcov trvalo do 23. prosince a na limnigrafu Lahošť přibližně do 13. prosince 2019 (pouze 5. prosince byl na limnigrafu Lahošť naměřen vyšší průtok než Q_{355d}). Větší rozdíly mezi limnigrafy jsou znatelné na konci prosince, kdy dochází na limnigrafu Lahošť ke krátkému výraznému nárůstu průtoků, ale na limnigrafu Duchcov nikoliv. Dále jsou znatelné rozdíly v únoru, kdy opět docházelo k značně vyšším průtokům na limnigrafu Lahošť. Přestože naměřené průtoky na limnigrafu Duchcov nedosahovaly tak vysokých hodnot, je zde již vidět určitá korelace. Nárůst průtoků byl totiž zaznamenán na obou stanicích – 5. února a 11. února na limnigrafu Duchcov a 4. února a 10. února na limnigrafu Lahošť. Dále byl na limnigrafu Lahošť zaznamenán významný vrchol 25. února, který nebyl nijak zřetelný na limnigrafu Duchcov. Maximální průtok byl na limnigrafu Duchcov zaznamenán 13. března 2020 a na profilu Lahošť již 12. března 2020. Od té doby docházelo na obou profilech k poklesu průtoků. Přibližně od

května se poté na obou profilech vyskytovaly velmi nízké průtoky a častá dlouhá období hydrologického sucha. Při porovnání průměrných denních průtoků na obou limnigrafech je zřetelné, že významnější průběh sucha byl zaznamenán na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce. Zde se vyskytovaly nízké průtoky odpovídající hydrologickému suchu téměř celé období od 20. dubna do 13. října 2020. Vyšší průtoky byly naměřeny 25. září až 27. září a dosahovaly až 781 l/s. Na limnigrafu Lahošť bylo delší suché období zaznamenáno od 1. července do 14. října 2020. I na limnigrafu Lahošť byl zaznamenán nárůst průtoku 26. září, přestože nepřesáhl hodnotu Q_{355d} . V polovině října poté dochází na obou limnigrafech ke krátkému nárůstu průtoku, který je dán nárůstem srážek zaznamenaným na klimatické stanici Fláje. Mírný nárůst průtoku na obou limnigrafech je také zaznamenán na konci hydrologického roku 2020.



Obrázek č. 34: Průběh hydrologického roku 2020 na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)



Obrázek č. 35: Průběh hydrologického roku 2020 na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Při porovnání obrázků č. 34 a 35 je zřetelné, že na profilu Lahošť nedocházelo k tak intenzivnímu suchu (vzhledem k prahové hodnotě Q_{355d}) jako na limnigrafu Duchcov. Hydrologické sucho bylo na limnigrafu Lahošť častěji přerušováno a hodnoty průtoku nedosahovaly tak hluboko pod prahovou hodnotu Q_{355d} . Na rozdíl od toho, na limnigrafu Duchcov došlo k výraznému období sucha, které trvalo téměř 6 měsíců. Na obrázku č. 35 je také vidět, že hodnoty průtoku na limnigrafu Lahošť jsou více rozkolísané. To je způsobeno dotací z Obřího pramene v obci Lahošť.

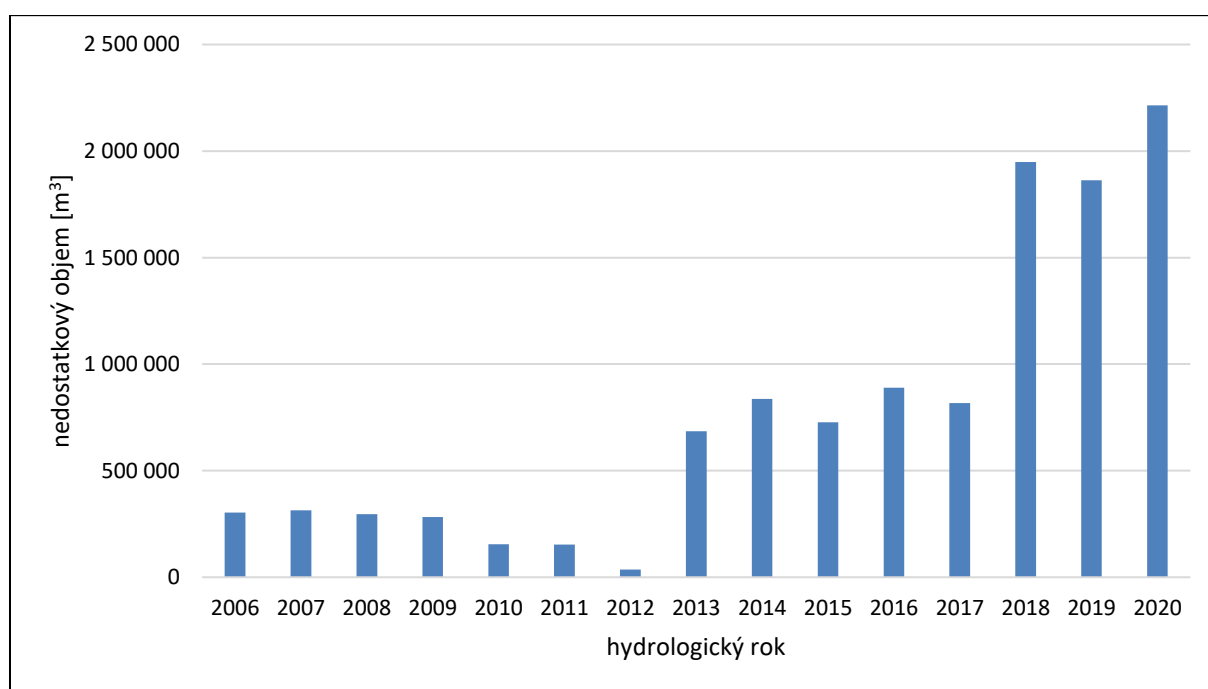
6.4 Nedostatkové objemy

Poslední využitou metodou pro hodnocení sucha jsou nedostatkové objemy. Ty zohledňují, jak moc poklesl průtok pod danou limitní hodnotu. Je tedy možné zjistit objem vody, který by byl potřeba k dosažení prahové hodnoty. V této práci bude konkrétně využita prahová hodnota Q_{355d} . Nedostatkové objemy často korelují s výskytem hydrologického sucha, jelikož nedostatkové objemy rostou s délkou trvání sucha. Pokud se tedy v daný rok nevyskytly žádné suché dny, nemohlo dojít k nedostatkovému objemu. Pro porovnání obou limnigrafů z hlediska nedostatkových objemů bylo nutné tyto hodnoty standardizovat.

Obrázek č. 36 znázorňuje nedostatkové objemy pro limnigraf Duchcov na Loučenském potoce. Na tomto limnigrafu byl zaznamenán největší nedostatkový objem v roce 2020, který

dosahoval hodnoty 2 214 817 m³. Hodnota standardizovaného nedostatkového objemu byla 66 %. Nejvyšší standardizovaný nedostatkový objem byl zaznamenán na limnigrafu Duchcov v roce 2019 (84 %). Druhé největší zaznamenané sucho z hlediska absolutních hodnot nedostatkových objemů se vyskytovalo v roce 2018 (1 948 643 m³). Nejnižší hodnoty pak byly zjištěny v roce 2012, kdy měl nedostatkový objem hodnotu pouhých 36 288 m³. Nejnižší standardizovaný nedostatkový objem byl zaznamenán v letech 2005 a 2006 s velikostí 28 %.

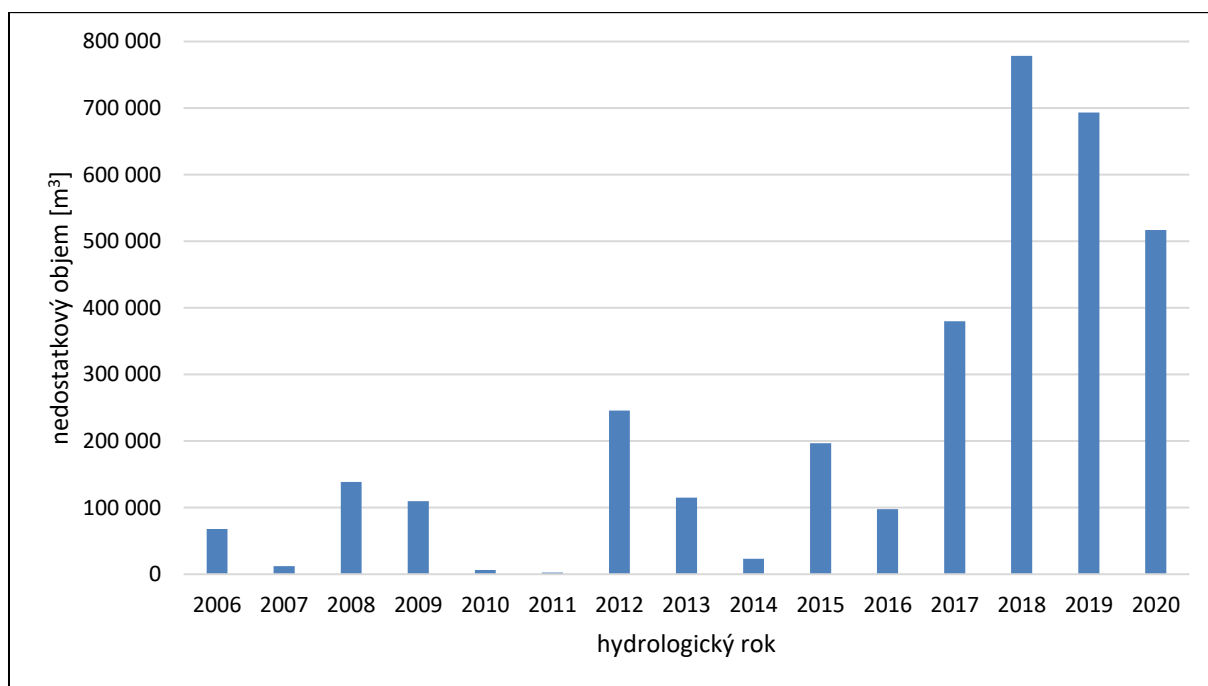
Obrázek č. 36 je velmi podobný obrázku č. 32 znázorňující počet suchých dní, protože nedostatkové objemy rostou s délkou trvání sucha. I zde dochází k poklesu hodnot do roku 2012 a od roku 2012 naopak k určitému nárůstu nedostatkových objemů, respektive suchých dnů.



Obrázek č. 36: Nedostatkové objemy na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce v období hydrologických let 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Nedostatkové objemy pro limnigraf Lahošť na Bouřlivci jsou znázorněny na obrázku č. 37. Nejvyšší nedostatkový objem byl zaznamenán v roce 2018 s hodnotou 778 579 m³. Velikost standardizovaného nedostatkového objemu byla 81 %. Na rozdíl od analýzy suchých dní, kde byl označen na profilu Lahošť jako nejsušší rok 2020, je na základě analýzy nedostatkových objemů hodnocen jako hydrologicky nejsušší právě rok 2018. Z toho vyplývá, že v roce 2018 na profilu Lahošť muselo docházet k extrémně nízkým průtokům. Přestože následující roky počet suchých dní roste (roky 2019 a 2020; viz obrázek č. 33), velikost nedostatkového objemu se snižuje. V roce 2020 byl zaznamenán nedostatkový objem 516 879 m³, což z hlediska standardního nedostatkového objemu představuje 50 % (tj. chybělo 50 %

vody pro naplnění limitního průtoku Q_{355d}). Hodnoty nedostatkových objemů jsou znázorněny v tabulkách č. 8 a 9.



Obrázek č. 37: Nedostatkové objemy na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci v období hydrologických let 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Tabulka č. 8: Hodnoty nedostatkových objemů a standardizovaných nedostatkových objemů pro limnigraf Duchcov na Loučenském potoce pro hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

rok	nedostatkový objem pro Q_{355d} [m³]	standardizovaný nedostatkový objem pro Q_{355d} [%]	rok	nedostatkový objem pro Q_{355d} [m³]	standardizovaný nedostatkový objem pro Q_{355d} [%]
2006	304 042	28	2014	837 355	51
2007	313 632	28	2015	727 944	74
2008	295 661	36	2016	888 797	43
2009	282 269	35	2017	817 517	38
2010	154 471	33	2018	1 948 643	78
2011	152 928	35	2019	1 862 555	84
2012	36 288	45	2020	2 214 817	66
2013	685 151	59			

Tabulka č. 9: Hodnoty nedostatkových objemů a standardizovaných nedostatkových objemů pro limnigraf Lahošť na Bouřlivci pro hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

rok	nedostatkový objem pro Q_{355d} [m ³]	standardizovaný nedostatkový objem pro Q_{355d} [%]	rok	nedostatkový objem pro Q_{355d} [m ³]	standardizovaný nedostatkový objem pro Q_{355d} [%]
2006	67 997	15	2014	22 982	14
2007	12 182	13	2015	196 690	46
2008	138 586	28	2016	97 805	30
2009	109 901	28	2017	380 074	59
2010	6 307	18	2018	778 579	81
2011	2 678	46	2019	693 317	70
2012	245 894	42	2020	516 879	50
2013	114 912	41			

Z hodnocení hydrologického sucha 2020 vyplývá, že sucho ve vybraném roce bylo v důsledku kumulativních příčin z předchozích let nejvíce výrazné z celé řady pozorování (pro parametry chodu průměrných ročních průtoků a počtu suchých dní). Z hlediska nedostatkových objemů byl nejvyšší chybějící objem zaznamenán na limnigrafu Lahošť v roce 2018 a na limnigrafu Duchcov v roce 2020. Při porovnání jednotlivých profilů v této práci je také zjevné, že výraznější období sucha se vyskytlo na Loučenském potoce na limnigrafu Duchcov.

7 Výsledky podélného profilování průtoků v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce

Hlavním cílem podélného profilování průtoků bylo zajištění informací pro možnou stabilizaci přítoků do vodní nádrže Všechlapy a pro zvýšení zabezpečení odběrů z vodní nádrže Všechlapy. Motivací byly zejména odběry vody, které ovlivňují množství vody ve vodní nádrži Všechlapy. Podle těchto informací lze také stanovit a sjednotit pravidla pro odběry.

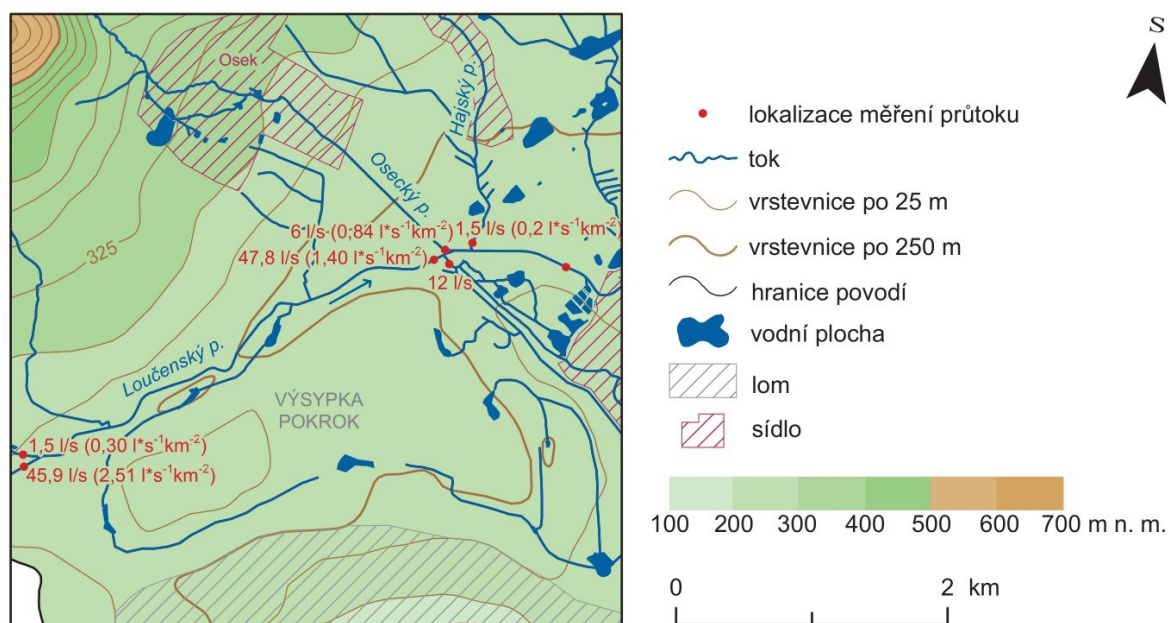
Podélné profilování průtoků bylo provedeno v pěti odlišných hydrologických podmínkách se zaměřením na suché období. První měření proběhlo na konci jara 27. května 2020, druhé a třetí měření proběhlo v letním období (14. července a 10. září) 2020, čtvrté na podzim 25.–26. listopadu 2020 a poslední v polovině dubna 14.–15. dubna 2021. Při terénním měření byl kladen důraz především na hlavní přítoky a odtoky Loučenského potoka a Bouřlivce a na podélné profilování hlavních toků, pomocí kterých se vyhodnocoval nárůst či ztráta vody v toku. Jelikož bylo v tomto případě zájmovým územím pouze povodí po vodní nádrži Všechlapy, poslední měření probíhala na limnigrafech Loučenského potoka a Bouřlivce. Podle denního průběhu průtoků na desetiminutových datech z obou limnigrafů bylo kontrolováno, zda měření průtoků nebyla ovlivněna vypouštěním vody. K čerpání většinou dochází v nočních hodinách a měření tak vzhledem k umístění čerpacích míst v relativně těsné blízkosti závěrových profilů nebylo dotací vody ovlivněno. Výjimku tvoří dubnové měření 2021 na dolním toku Loučenského potoka, kde průtok vlivem čerpání důlních vod z dolu Bílina kolísal v průběhu celého dne. Umístění jednotlivých měření včetně naměřených hodnot průtoků a vypočtených specifických odtoků jsou patrné z přiložených obrázků.

7.1 Podélné profilování průtoků ze dne 27. května 2020

Nejvyšší denní teploty v průběhu měření dosahovaly 18 °C až 22 °C a bylo jasno až polojasno, přes den přechodně oblačno. Průměrná denní teplota vzduchu na klimatické stanici Všechlapy měla hodnotu 17,4 °C a na klimatické stanici Fláje, reprezentující pramenné oblasti toků, byla naměřena průměrná denní teplota vzduchu 12,3 °C. Denní úhrn srážek měl na klimatické stanici Všechlapy hodnotu 1,6 mm a na klimatické stanici Fláje hodnotu 2,2 mm. Během terénního měření však nebyly žádné srážkové úhrny zaznamenány.

První měření průtoků bylo provedeno na soutoku Loučenského potoka a přeložky Radčického potoka. Z přeložky Radčického potoka přitékalo 45,9 l/s, což odpovídá specifickému odtoku $2,51 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Oproti tomu z Loučenského potoka přitékalo pouhých 1,5 l/s ($0,30 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). Z toho vyplývá, že přeložka Loučenského potoka je dotována především

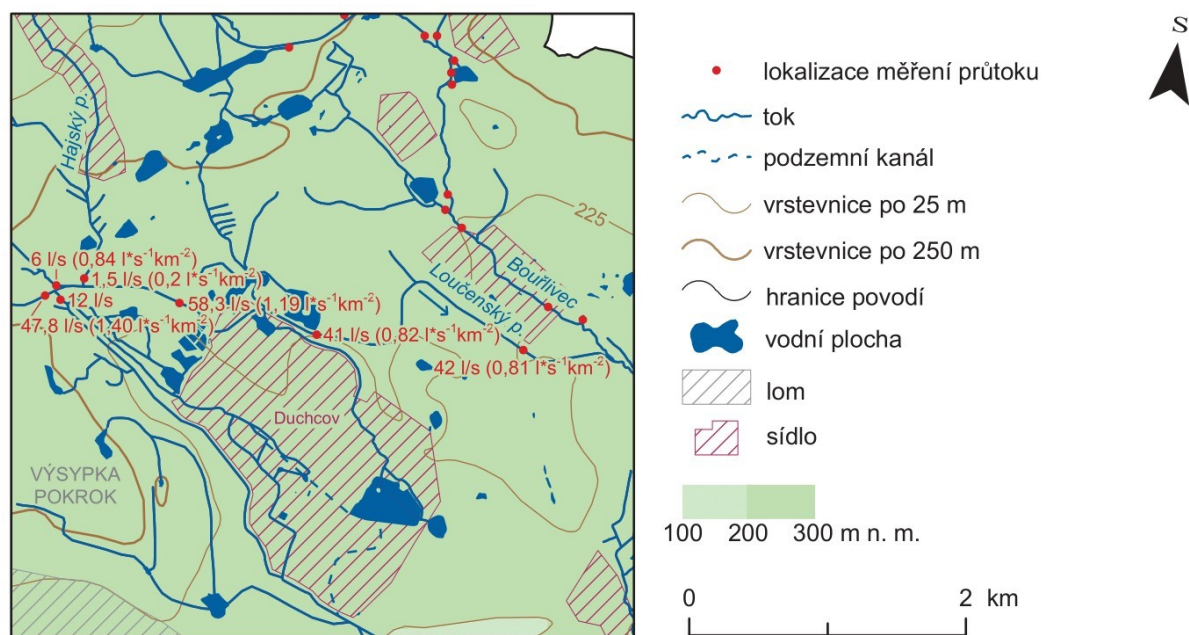
přeložkou Radčického potoka, tedy Radčickým, popřípadě Lomským potokem. Tato informace byla potvrzena i dalšími měřeními. Dále po proudu byly průtoky měřeny v oblasti přítoku Oseckého potoka. V těchto místech byl průtok v Loučenském potoce 47,8 l/s a na Loučenském potoce tedy došlo k přirozenému mírnému nárůstu průtoků. Specifický odtok v těchto místech naopak poklesl na $1,40 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Zbytkovým korytem Oseckého potoka dne 27. května 2020 odtékalo 12 l/s do obce Duchcov. Tato voda napájí například rybníky, malé vodní plochy a toky v zámecké zahradě nebo sklárnu Duchcov. Ze zámeckého parku je také čerpána voda do jezera Barbora nacházející se v obci Duchcov. Značné množství vody zde pojmu také zahrádkářské kolonie, ze kterých lidé čerpají vodu i ilegálně. Voda, která v toku po těchto odběrech zůstane, se vrací do Bouřlivce až pod vodní nádrž Vsechlapy, tudíž již nádrž nedotuje. Odtok zbytkovým korytem Oseckého potoka není nahrazen ani přítokem z Oseckého potoka, který tok dotoval 6 litry vody za sekundu ($0,84 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$). O několik metrů dále po proudu přitéká do Loučenského potoka Hajský potok, který měl v den měření průtok 1,5 l/s a specifický odtok pouhých $0,20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na středním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 38.



Obrázek č. 38: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na středním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

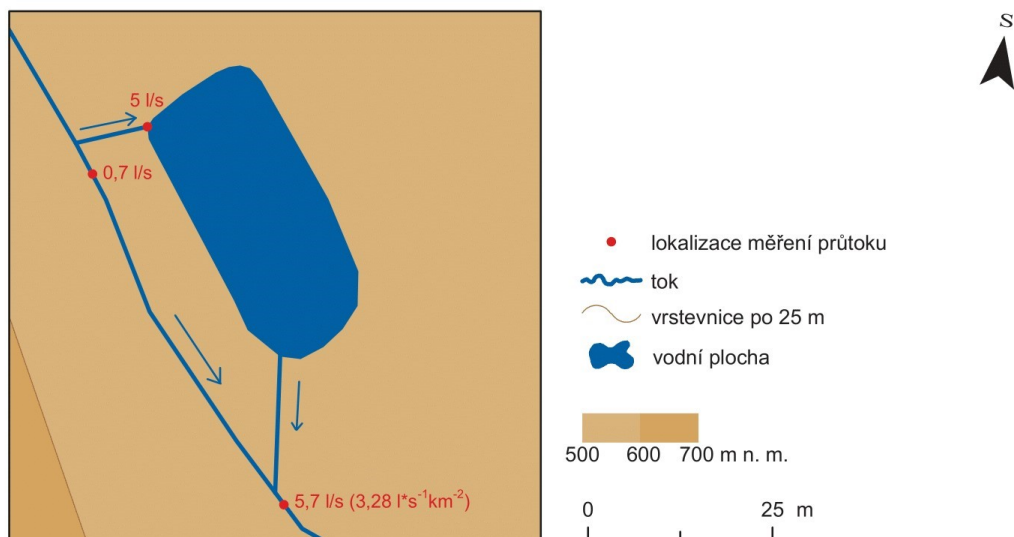
Dále po proudu byl na Loučenském potoce naměřen nárůst průtoků na 58,3 l/s, ale specifický odtok zde naopak poklesl z $1,40 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ na $1,19 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Poté byl za výtokem

z rybníka Leontýna naměřen značný pokles průtoku na 41 l/s a specifického odtoku na $0,82 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Tento pokles je dán pravděpodobně především odběrem vody do sádek na kraji obce Duchcov, které čerpají vodu přímo z Loučenského potoka. Množství odebírané vody však v těchto místech není možné změřit. Poslední měření na Loučenském potoce proběhlo u limnigrafu Duchcov, kde bylo naměřeno 42 l/s a $0,81 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Pro porovnání má vypočtená prahová hodnota Q_{364d} na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce hodnotu 143 l/s. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na dolním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 39.



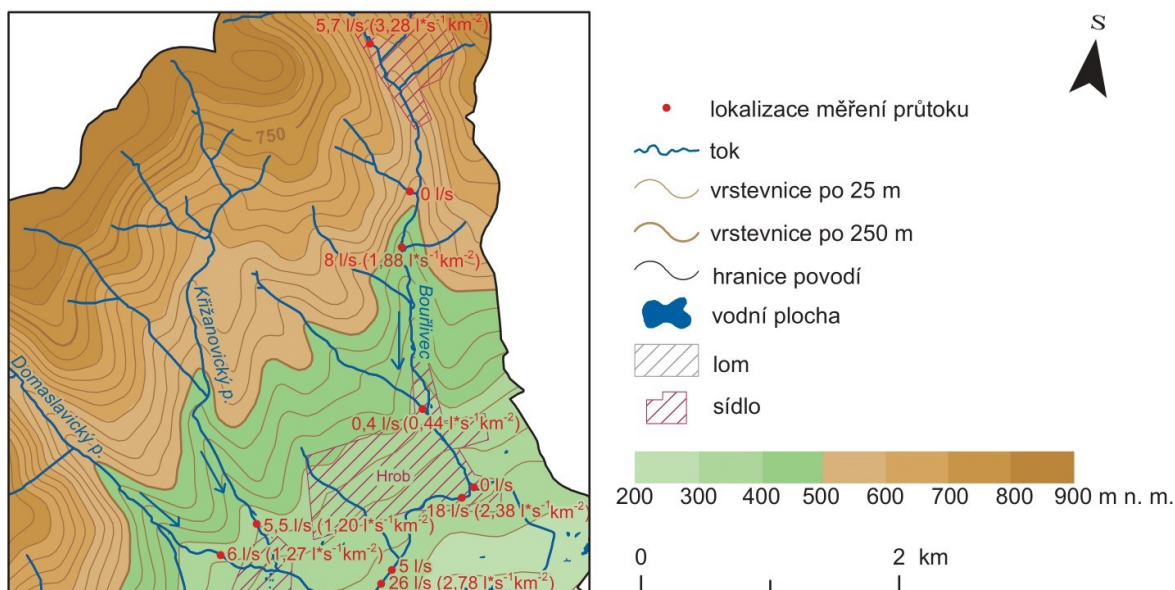
Obrázek č. 39: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na dolním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Na toku Bouřlivec proběhlo první měření průtoku u malé vodní nádrže v obci Mikulov. Do ní se vlévalo z toku 5 l/s a v Bouřlivci zůstávalo pouhých 0,7 l/s. Pod odtokem z vodní nádrže byl změřen průtok 5,7 l/s, který odpovídal specifickému odtoku $3,28 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov s naměřenými hodnotami průtoku ze dne 27. května 2020 je zobrazeno na obrázku č. 40.



Obrázek č. 40: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 27. května 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

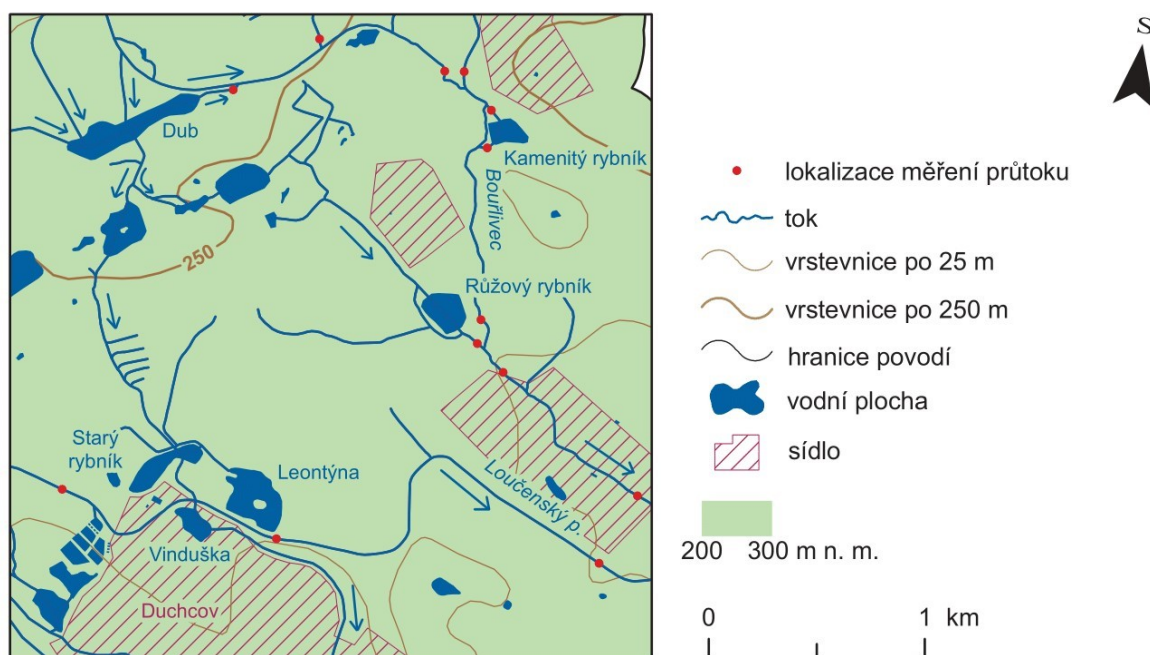
Dále byl sledován průtok pod přepadem na toku Bouřlivec necelé dva kilometry po proudu. Zde byl naměřen průtok 8 l/s a došlo tedy k přirozenému mírnému nárůstu průtoků. Zároveň však došlo k poklesu specifického odtoku z $3,28 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ na $1,88 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Dále byl v obci Hrob změřen přítok z Mlýneckého potoka, který dotoval Bouřlivec pouhými 0,4 l/s ($0,44 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Poté byl průtok měřen u rozdělovacího objektu v obci Hrob, ze kterého část toku napájí rybník Otakar a jezero Barbora. Tímto směrem však nebyl v žádném termínu našich měření přetok vody zaznamenán. Na obtoku okolo rybníka Otakar a jezera Barbora byl změřen průtok 18 l/s ($2,38 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Dále do toku přitékalo 5 l/s z čistírny odpadních vod. Pod tímto přítokem byl naměřen průtok 26 l/s a specifický odtok $2,78 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Poté do Bouřlivce přitékalo 12 l/s Křižanovským potokem. Tento průtok je tvořen jak přítokem z Křižanovského potoka (5,5 l/s), tak Domaslavickým potokem (6 l/s). Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na horním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 41.



Obrázek č. 41: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na horním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Pod přítokem Křižanovského potoka do Bouřlivce byl poté naměřen průtok 38 l/s, což odpovídá součtu předchozího naměřeného průtoku na Bouřlivci (26 l/s) a přítoku z Křižanovského potoka (12 l/s). Po přítoku z Křižanovského potoka došlo díky výraznému zvětšení plochy povodí ke snížení specifického odtoku na $1,94 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Dále byl změřen přítok z rybníka Dub (pouhých 0,1 l/s) a z přetoku do vodní plochy u bývalé obce Hajniště (přítok 23,5 l/s). Dále po proudu, těsně před přítokem z jezera Barbora, byl zjištěn pokles průtoků o téměř 11 l/s na 27,1 l/s ($1,05 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Tento pokles byl způsoben pravděpodobně z velké části odběry vod jak do rybníka u bývalé obce Hajniště, tak do rybníka Dub a na něj napojené významné rybníční soustavy. Z rybníka u bývalé obce Hajniště se vrací poměrně velké množství vody (23,5 l/s) zpátky do toku. Jedinou možnou ztrátou je tedy výpar z vodní hladiny či případná infiltrace. Výpar z volné vodní hladiny rybníka u bývalé obce Hajniště převeden na hodnotu průtoků měl hodnotu 0,7 l/s. Významný vliv na ztráty vody má také evapotranspirace z přilehlých lužních porostů. Za rybníkem Dub se voda rozděluje do dvou rybníčních soustav. Část vody se vrací do Bouřlivce za Růžovým rybníkem a druhá část vede přes Starý rybník, rybník Vinduška a Barboru v obci Duchcov až do kanálu před odkalištěm Fučík. Odtud se voda dostává buď do odkaliště, nebo do Ledvického potoka, který ústí do Bouřlivce pod vodní nádrží Všechlapy. Z vody, která je odebrána do rybníka Dub, se tedy vždy vracel pouze zlomek množství zpátky do toku nad vodní nádrží Všechlapy. V této oblasti tedy dochází k poměrně velké ztrátě vody, která dále není schopna dotovat vodní nádrž Všechlapy.

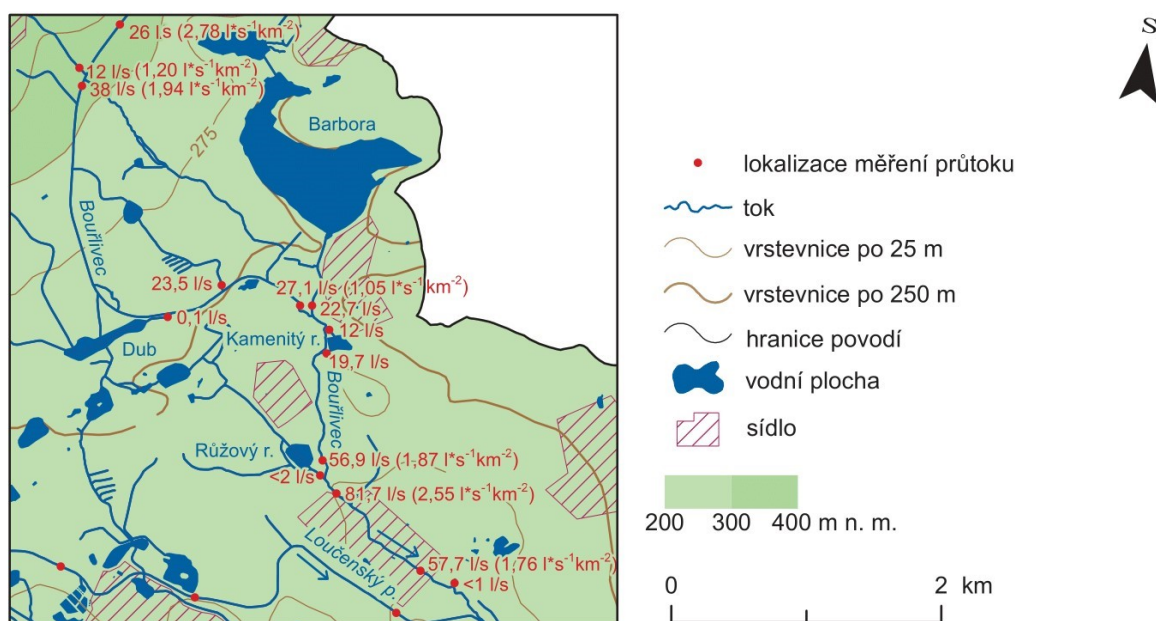
Za Růžovým rybníkem přitékají zpátky do toku pouhé 2 l/s. Všechny tyto změřené hodnoty průtoku a vypočtené specifické odtoky jsou zobrazeny na mapě podélného profilování průtoků na obrázku č. 43. Pro lepší orientaci ve složité rybníční soustavě byla navíc vytvořena detailní mapa rybníční soustavy zobrazena na obrázku č. 42, kde jsou vyobrazeny směry jednotlivých menších přetoků mezi rybníky a názvy jednotlivých vodních ploch. Právě kvůli nejasnému průběhu vodních toků a vzájemného propojení toků v rybníčních soustavách byla tato oblast rekognoskována v terénu.



Obrázek č. 42: Mapa rybníční soustavy na toku Bouřlivec za rybníkem Dub (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)

Dále po proudu přitéká odtok z jezera Barbora, který má průtok 22,7 l/s. Poté byly měřeny průtoky v oblasti u Kamenitého rybníka. Do něj se v den měření vlévalo 12 l/s a odtékalo 19,7 l/s. Bouřlivec obtékající Kamenitý rybník bohužel nebylo v tento den možné změřit vlivem nízké hladiny a nevhodného proudění v korytě. Potom byl průtok měřen u Růžového rybníka. Jak již bylo zmíněno, z rybníka se vrací necelé 2 l/s. Před přítokem z rybníka byl na Bouřlivci naměřen průtok 56,9 l/s ($1,87 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) a po přítoku 81,7 l/s ($2,55 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Jde o poměrně rychlý nárůst, který je pravděpodobně způsoben velkou nepřesností měření vlivem koryta, které je díky svému tvaru nevhodné pro hydrometrování. Jedná se o nárůst o více než 20 l/s na pouhých několika stech metrech. U měření před přítokem z Růžového rybníka byla naměřena nejistota 11,26 % a po soutoku nejistota 27 %. Poslední měření průtoku proběhlo u limnigrafu v Lahošti, kde byl naměřen průtok 57,7 l/s a vypočtený

specifický odtok měl hodnotu $1,76 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Jedná se o poměrně značný pokles, který je však z části pravděpodobně také způsobem nejistotou měření. Možným odběratelem vody jsou v této oblasti pouze obyvatelé obce a případný výpar či infiltrace by patrně nezpůsobily tak razantní snížení průtoku. I v tomto případě, stejně jako u Loučenského potoka, byl naměřený průtok na limnigrafu nižší, než je vypočtená prahová hodnota Q_{364d} . Ta má hodnotu 63 l/s. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na středním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 43.



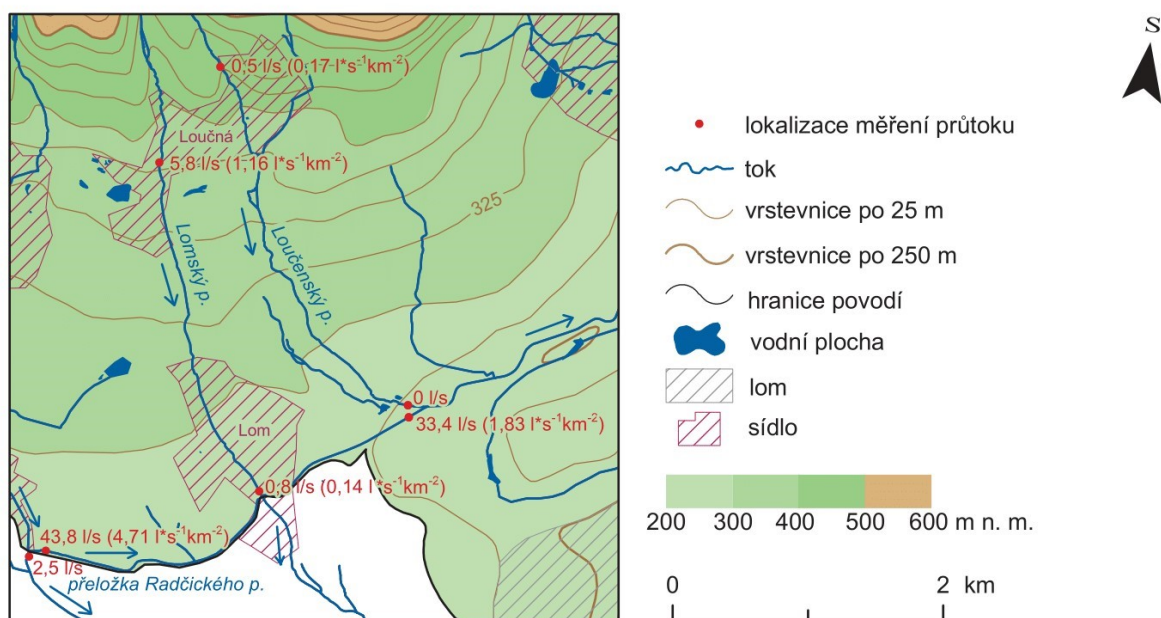
Obrázek č. 43: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na středním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

7.2 Podélné profilování průtoků ze dne 14. července 2020

Nejvyšší denní teploty dosahovaly $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ a bylo jasno až polojasno, později až oblačno. Průměrná denní teplota vzduchu na klimatické stanici Vsechlapy měla hodnotu $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na klimatické stanici Fláje, reprezentující pramenné oblasti toků, byla naměřena průměrná denní teplota vzduchu $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Denní úhrn srážek byl na všech klimatických stanicích v povodí a jeho okolí nulový. Nulové či velmi nízké srážkové úhrny byly v celém povodí zaznamenány již od konce června 2020.

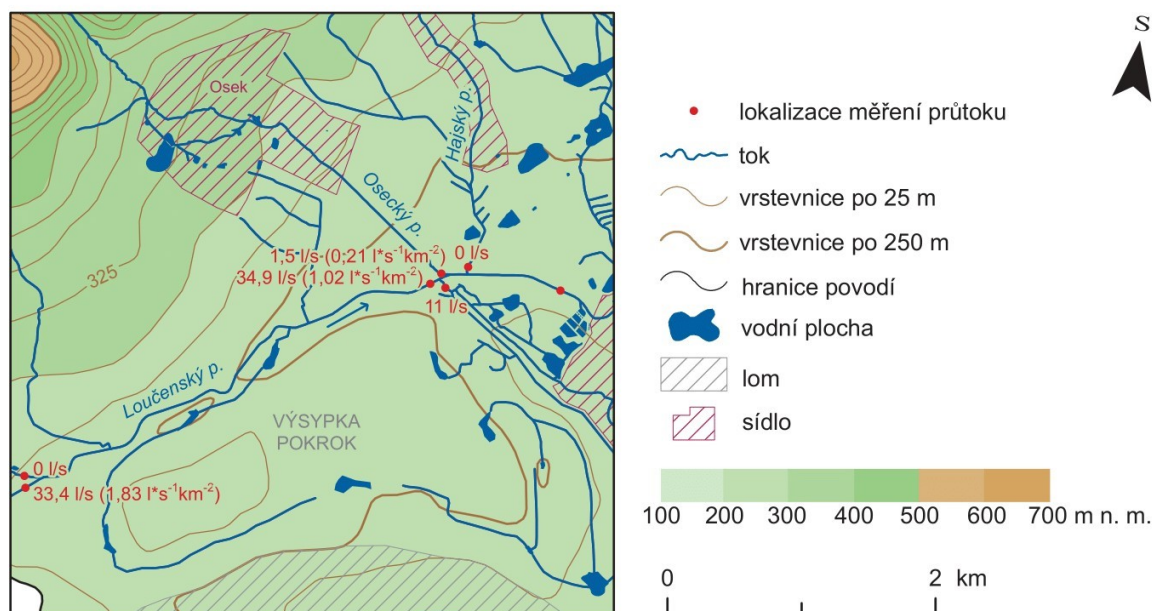
První měření průtoku tentokrát proběhlo již v oblasti u rozdělovacího objektu na Radčickém potoce do přeložky Radčického potoka a do původního koryta Radčického potoka vedoucí přes obec Mariánské Radčice. Do této obce je pouštěn tzv. hygienický proplach,

v tomto případě 2,5 l/s. Do přeložky Radčického potoka byl 14. července pouštěn průtok 43,8 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $4,71 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. V obci Lom poté do toku přiteklo Lomským potokem 0,8 l/s ($0,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Ve střední části Lomského potoka byl však zaznamenán průtok 5,8 l/s a specifický odtok $1,16 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ a je zde tedy zjevný pokles průtoku i specifického odtoku. K poklesu došlo také na samotné přeložce Radčického potoka, ve které bylo u soutoku s Loučenským potokem naměřeno pouhých 33,4 l/s a $1,83 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Došlo tedy k poklesu průtoku o více než 10 l/s a specifického odtoku o téměř $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Oba tyto průtoky byly měřeny pomocí FlowTrackeru a v případě měření průtoku u rozdělovacího objektu byla naměřena nejistota měření přes 9 %, u průtoku před soutokem s Loučenským potokem byla nejistota přibližně 4 %. Úbytek v průtoku je znatelný také na samotném Loučenském potoce. V obci Loučná byl naměřen nízký průtok 0,5 l/s ($0,17 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$), ale do přeložky Loučenského potoka ústilo pouze suché koryto. Při prvním měření byly naměřeny průtoky 45,9 l/s ($2,51 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) na přeložce Radčického potoka a 1,5 l/s ($0,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) na Loučenském potoce. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 44.



Obrázek č. 44: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

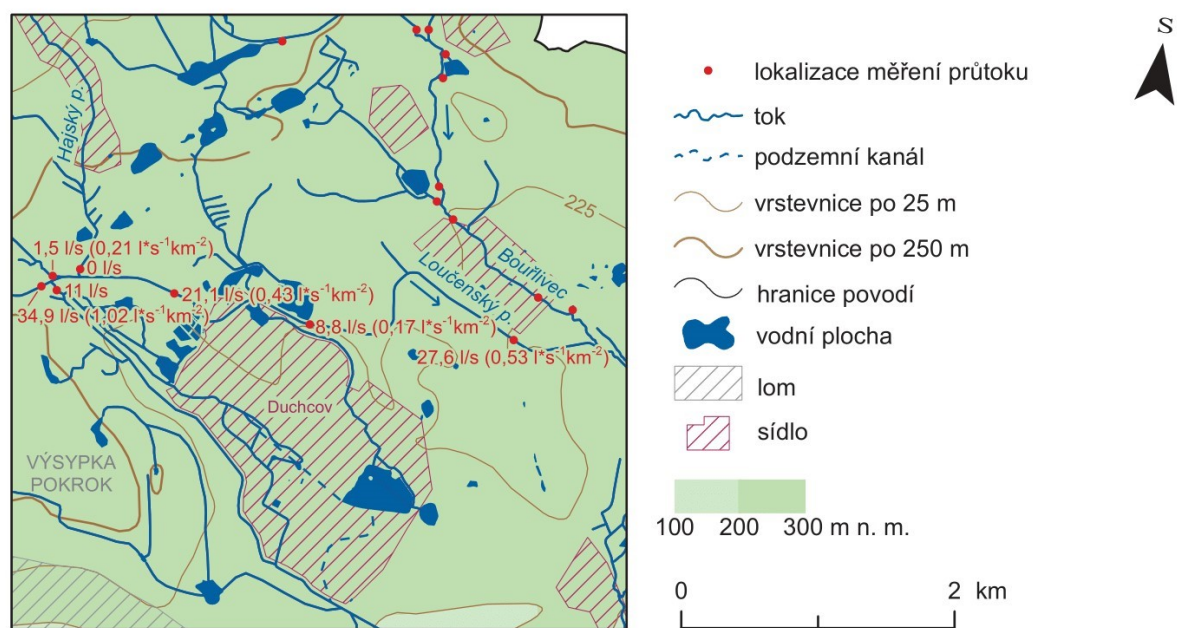
V oblasti u Oseckého potoka byl na Loučenském potoce 14. července naměřen průtok 34,9 l/s a vypočten specifický odtok $1,02 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Z Oseckého potoka je tok poté dotován 1,5 l/s ($0,21 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). Zbytkovým korytem Oseckého potoka bylo však odváděno 11 l/s a tím docházelo ke značnému odběru vody a poklesu průtoku v Loučenském potoce. Tato voda je z velké části spotřebována a její zůstatek se vrací již pod vodní nádrž Všechny, jak bylo uvedeno výše. Přestože je v těchto místech průtok oproti minulému měření v Loučenském potoce nižší o více než 10 l/s a přítok z Oseckého potoka se snížil z 6 l/s na 1,5 l/s, odtok zbytkovým korytem Loučenského potoka je téměř stejný. Přítok z Hajského potoka byl 14. července nulový. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na středním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 45.



Obrázek č. 45: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na středním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

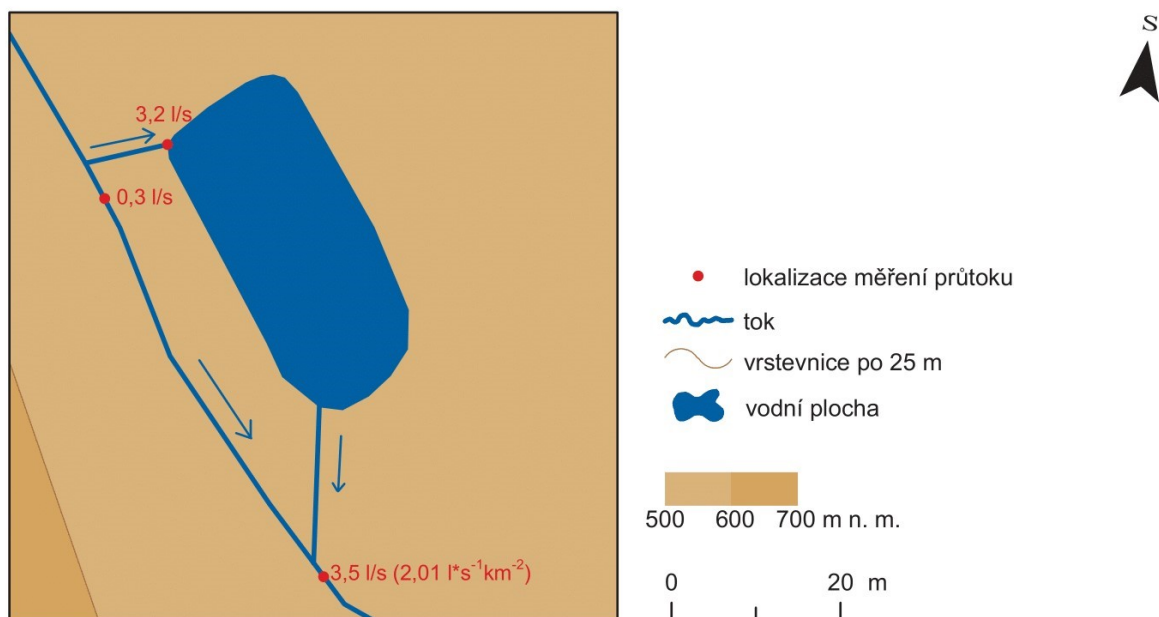
Dále po proudu byl poté zaznamenáván poměrně výrazný pokles hladiny v toku. Průtok byl nejdříve měřen nad sádky v obci Duchcov, kde byl naměřen průtok 21,1 l/s, který odpovídá $0,43 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Takovéto snížení průtoku je možné částečně vysvětlit odběrem vody zbytkovým korytem Oseckého potoka a poměrně vysokou (10 %) nejasností měření FlowTrackerem. Zřetelný pokles průtoku byl poté naměřen u rybníka Leontýna, kde protékalo pouhých 8,8 l/s ($0,17 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). Tento pokles hladiny vody je dán pravděpodobně především odběrem vody pro blízké sádky. U limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce byl naměřen průtok 27,6 l/s

($0,53 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) a došlo tedy k poměrně vysokému nárůstu průtoku i specifického odtoku. Tento nárůst průtoku je pravděpodobně ovlivněn ČS Křinec, která zde Loučenský potok dotuje vodou (viz kapitola 8). Pro porovnání má vypočtená prahová hodnota Q_{364d} na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce hodnotu 143 l/s. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na dolním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 46.



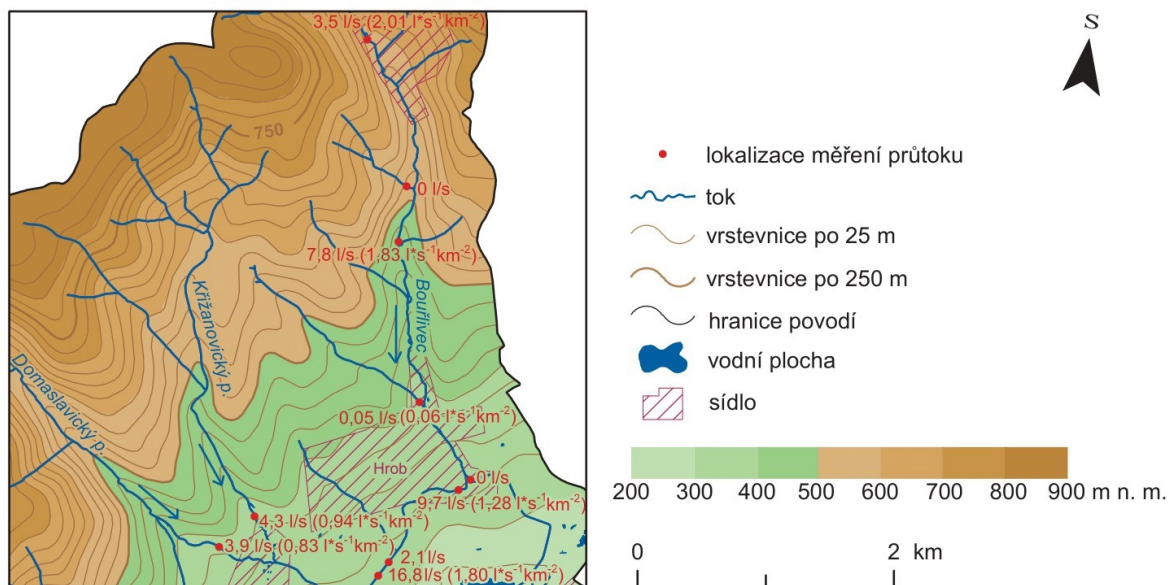
Obrázek č. 46: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na dolním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Na toku Bouřlivec proběhlo opět první měření průtoku u malé vodní nádrže v obci Mikulov. Do ní se vlévalo z toku 3,2 l/s a v Bouřlivci zůstávalo pouhých 0,3 l/s. Pod odtokem z vodní nádrže byl změřen průtok 3,5 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $2,01 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Je tedy zřejmé, že oproti prvnímu měření (5,7 l/s) došlo ke snížení průtoku i v pramenné oblasti toku. Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov s naměřenými hodnotami průtoku ze dne 14. července 2020 je zobrazeno na obrázku č. 47.



Obrázek č. 47: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 14. července 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

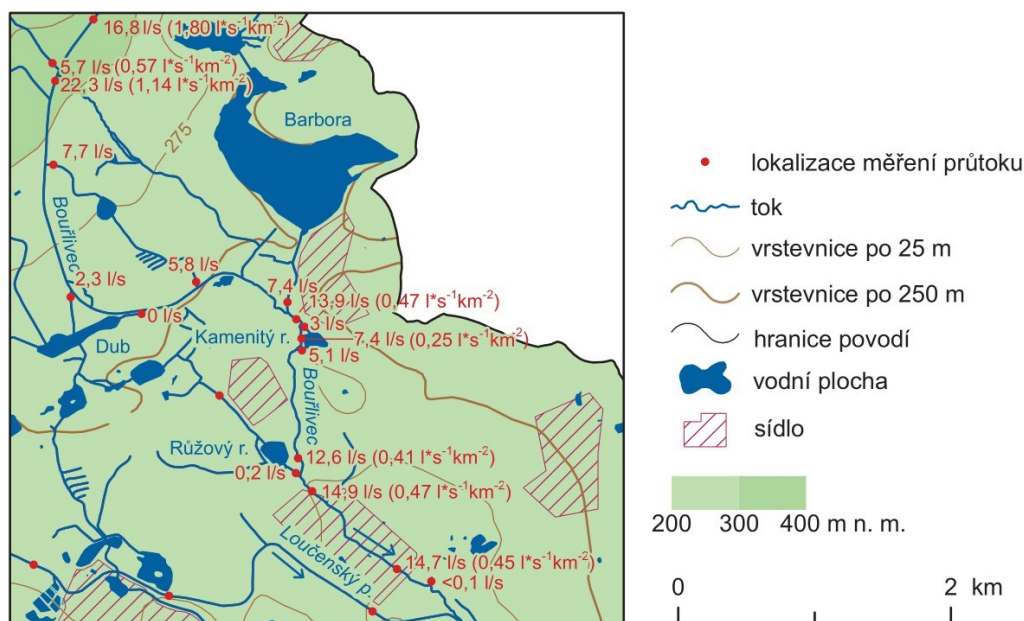
Dále, necelé dva kilometry po proudu, byl na Bouřlivci změřen průtok o hodnotě 7,8 l/s ($1,83 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Na Mlýneckém potoce bylo zaznamenáno pouhé zvlhčení koryta toku. U rozdělovacího objektu v obci Hrob ani tentokrát žádná voda neodtékala do rybníka Otakar a jezera Barbora a všechna pokračovala přeložkou toku Bouřlivec. Zde byl naměřen průtok 9,7 l/s, tedy téměř poloviční než 27. května (18 l/s). Specifický odtok v této oblasti má hodnotu $1,28 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Dále po proudu byl naměřen přítok z čistírny odpadních vod o průtoku 2,1 l/s. Pod tímto přítokem byl zjištěn průtok na Bouřlivci 16,8 l/s ($1,80 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na horním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č.48.



Obrázek č. 48: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na horním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Křižanovským potokem poté přitéká 5,7 l/s a po jejich soutoku má Bouřlivce průtok 22,3 l/s a specifický odtok $1,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Přestože došlo na Bouřlivci k nárůstu průtoku, specifický odtok značně poklesl. Z Bouřlivce poté po několika stech metrech odtéká korytem 7,7 l/s do rybníka u bývalé obce Hajniště. Odtud se poté zpět do toku vrací 5,8 l/s a dochází tedy ke ztrátě 1,9 l/s vody. Výpar z volné vodní hladiny přepočtený do měřítka průtoku měl hodnotu necelý 1 l/s. Do rybníka Dub (a s ním spojené rybníční soustavy) odtéká z Bouřlivce 2,3 l/s a přítok z tohoto rybníka je nulový. Malá část tohoto průtoku (0,2 l/s) se opět vrací do Bouřlivce za Růžovým rybníkem. Za přítokem z rybníka Otakar a jezera Barbora, odkud přitékalo 7,4 l/s, byl v Bouřlivci změřen průtok 13,9 l/s a od přítoku z Křižanovského potoka došlo tedy k podstatnému poklesu o 11,6 l/s (při započtení všech ztrát i dotací toku). Poklesl také specifický odtok z $1,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ na $0,47 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. K významnému poklesu průtoku a specifického odtoku došlo v této oblasti také při prvním měření. Dále byl průtok měřen v oblasti okolo Kamenitého rybníka. Do něj se z Bouřlivce vlévaly 3 l/s a zpátky do toku se vracelo 5,1 l/s. V Bouřlivci, který obtékal Kamenitý rybník, byl naměřen při prvním pokusu průtok 7,4 l/s. Druhé kontrolní měření však zaznamenalo průtok 13,2 l/s. V této oblasti je koryto nevhodné pro měření průtoku a tím pádem dochází k vysokým nejistotám v měření. U obou měření byla zjištěna nejistota přes 35 %. U Růžového rybníka měl průtok v Bouřlivci hodnotu 12,6 l/s a specifický odtok měl hodnotu $0,41 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Po několika stech metrech a přítoku z Růžového rybníka (již zmíněných 0,2 l/s) byl naměřen průtok v Bouřlivci 14,9 l/s, tedy

$0,47 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Na limnigrafu v Lahošti měl průtok hodnotu $14,7 \text{ l/s}$ a vypočtený specifický odtok odpovídal $0,45 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Při porovnání naměřených hodnot s prahovými hodnotami Q_{364d} je jasné, že naměřené hodnoty odpovídaly suchému období. Naměřená hodnota $14,7 \text{ l/s}$ je nižší, než hodnota Q_{364d} (63 l/s). Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na středním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 49.



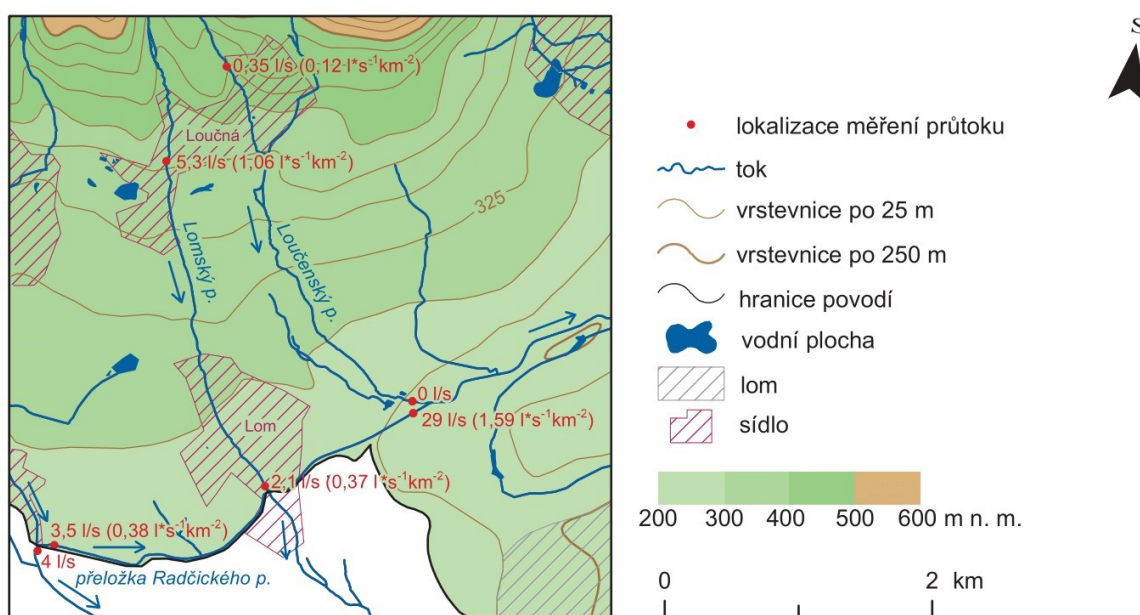
Obrázek č. 49: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na středním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

7.3 Podélné profilování průtoků ze dne 10. září 2020

Nejvyšší denní teploty dosahovaly 18°C až 22°C a bylo oblačno až zataženo. Průměrná denní teplota vzduchu na klimatické stanici Všechny měla hodnotu $14,4^\circ\text{C}$ a na klimatické stanici Fláje, reprezentující pramenné oblasti toků, byla naměřena průměrná denní teplota vzduchu $11,4^\circ\text{C}$. Denní úhrn srážek byl na všech klimatických stanicích v povodí a jeho okolí téměř nulový. Nulové či velmi nízké srážkové úhrny se na těchto klimatických stanicích nacházely již od 6. září 2020, kdy 5. září byl na klimatické stanici naměřen denní úhrn srážek 10 mm .

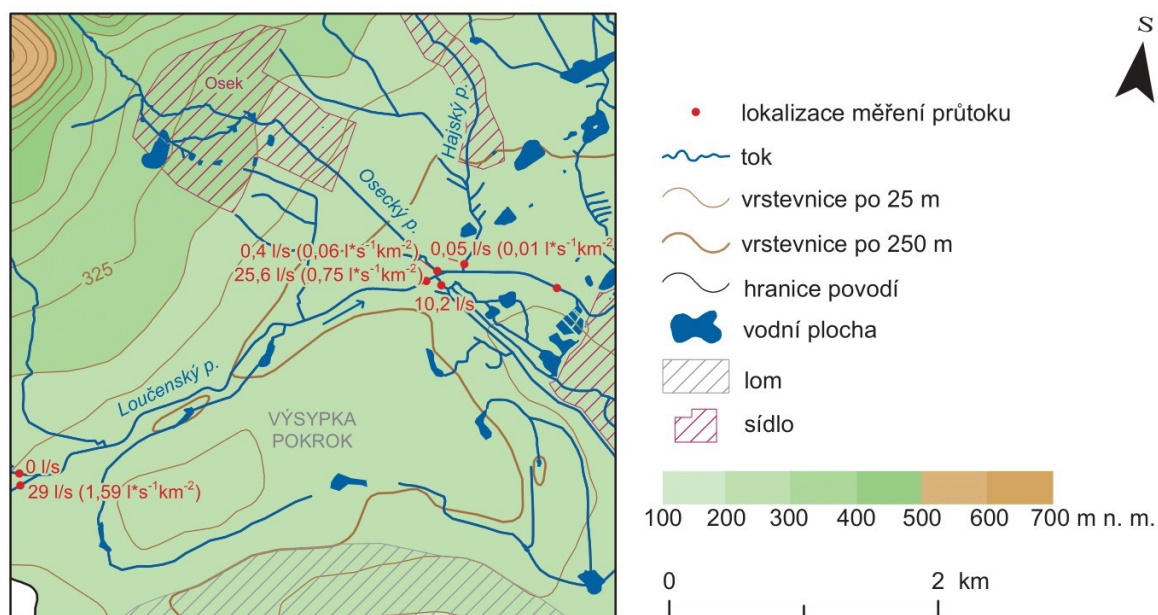
Hygienický proplach vpouštěn do obce Mariánské Radčice měl průtok 4 l/s a na přeložce Radčického potoka byl poté naměřen průtok pouhých $3,5 \text{ l/s}$, tedy $0,38 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Pro porovnání zde byl 14.–15. dubna 2021 naměřen průtok 54 l/s a specifický odtok $5,81 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Přeložka Radčického potoka je poté dotována Lomským potokem, kterým u ústí

protékají 2,1 l/s, což odpovídá specifickému odtoku $0,37 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Ve střední části Lomského potoka byl však naměřen průtok 5,3 l/s ($1,06 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) a došlo tedy k úbytku vody v toku, stejně jako u předchozího měření. Na soutoku s Loučenským potokem měl průtok přeložky Radčického potoka hodnotu 29 l/s, vypočtený specifický odtok měl hodnotu $1,59 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ a došlo tedy k razantnímu nárůstu průtoků i specifického odtoku. Přestože v obci Loučná byl na Loučenském potoce naměřen průtok 0,35 l/s, koryto u ústí toku bylo suché. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 50.



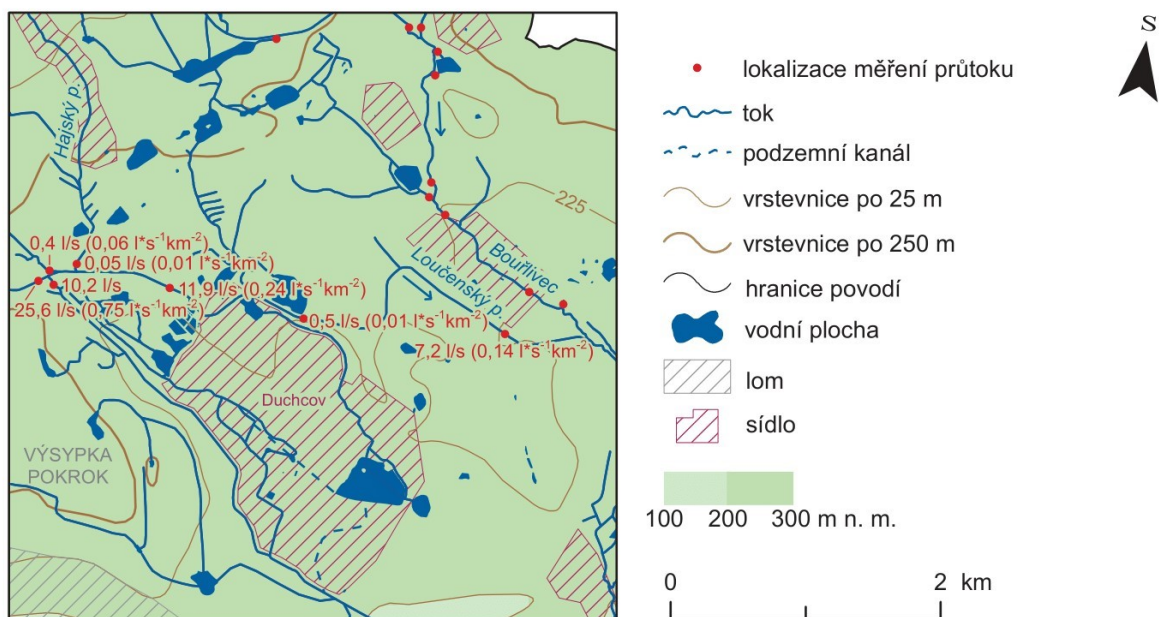
Obrázek č. 50: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Další sledovanou oblastí bylo okolí přítoku Oseckého potoka. Zde byl na Loučenském potoce naměřen průtok 25,6 l/s a specifický odtok měl hodnotu $0,75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Oproti naměřeným hodnotám na přeložce Radčického potoka u soutoku s Loučenským potokem došlo tedy k poklesu průtoků i specifického odtoku. Oseckým potokem přitékalo pouhých 0,4 l/s a zbytkovým korytem Oseckého potoka odtékalo 10,2 l/s. Hajský potok měl u ústí prakticky suché koryto toku. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na středním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 51.



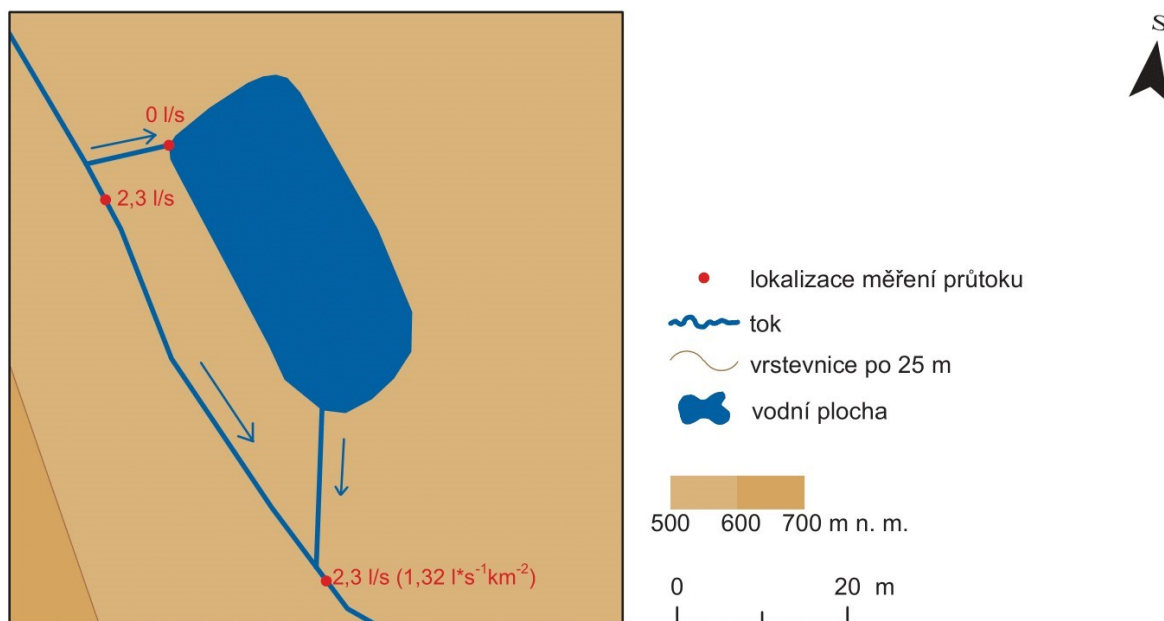
Obrázek č. 51: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na středním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Nad sádky v obci Duchcov měl průtok hodnotu 11,9 l/s, specifický odtok dosahoval pouhých $0,24 l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ a došlo tedy opět k poklesu průtoků, stejně jako u předchozího měření. Takto výrazné snížení průtoků je zapříčiněno především odběrem vody zbytkovým korytem Oseckého potoka do obce Duchcov, odkud se voda nevrací zpátky do povodí vodní nádrže Všechny. Dochází tedy ke ztrátě téměř poloviny průtoků vody. Další ztráta (3,95 l/s) vody v korytě je neznámého původu. U přítoku z rybníka Leontýna byl naměřen průtok pouhých 0,5 l/s a specifický odtok měl minimální hodnotu $0,01 l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Tato ztráta je pravděpodobně dána především odběrem do místních sádek. Od ústí Loučenského potoka do přeložky Radčického potoka tedy došlo k poklesu průtoků o téměř 30 l/s. U limnigrafu Duchcov byl poté naměřen vyšší průtok 7,2 l/s, který odpovídal $0,14 l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Při porovnání této naměřené hodnoty s prahovou hodnotou Q_{364d} je jisté, že v tomto období se v povodí vyskytovalo velmi významné suché období. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na dolním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 52.



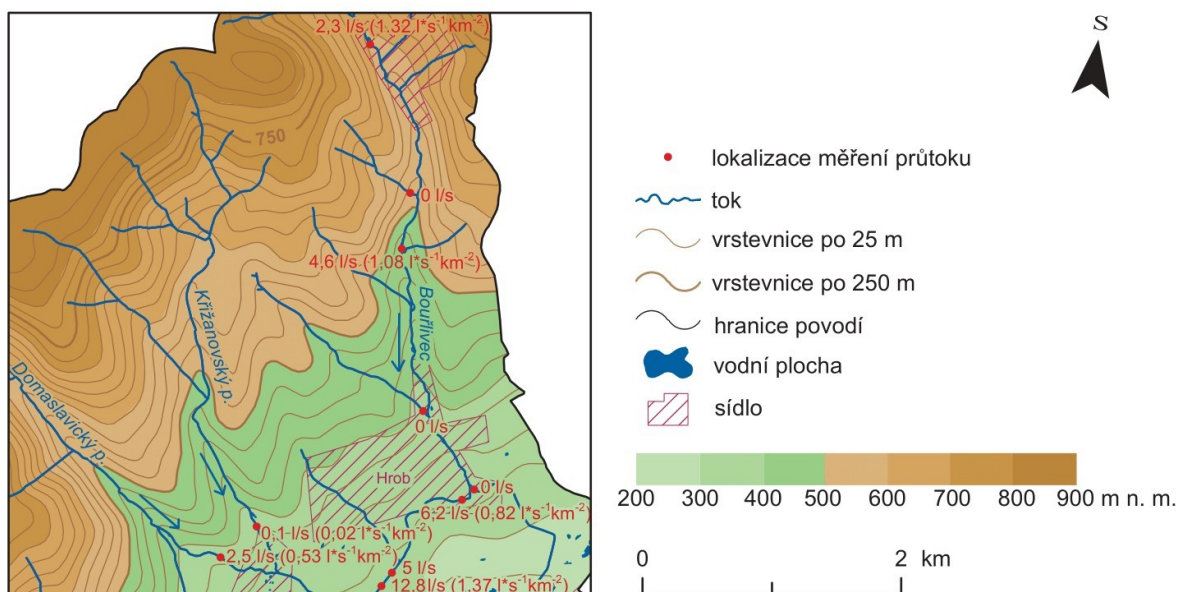
Obrázek č. 52: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na dolním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Na Bouřlivci byl v obci Mikulov pod malou vodní nádrží naměřen průtok pouhé 2,3 l/s ($1,32 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$), což je nejnižší naměřený průtok v této oblasti. Do vodní nádrže v tento den nebyl vpouštěn žádný průtok a odtok byl také nulový. Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov s naměřenými hodnotami průtoků ze dne 10. září 2020 je zobrazeno na obrázku č. 53.



Obrázek č. 53: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 10. září 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

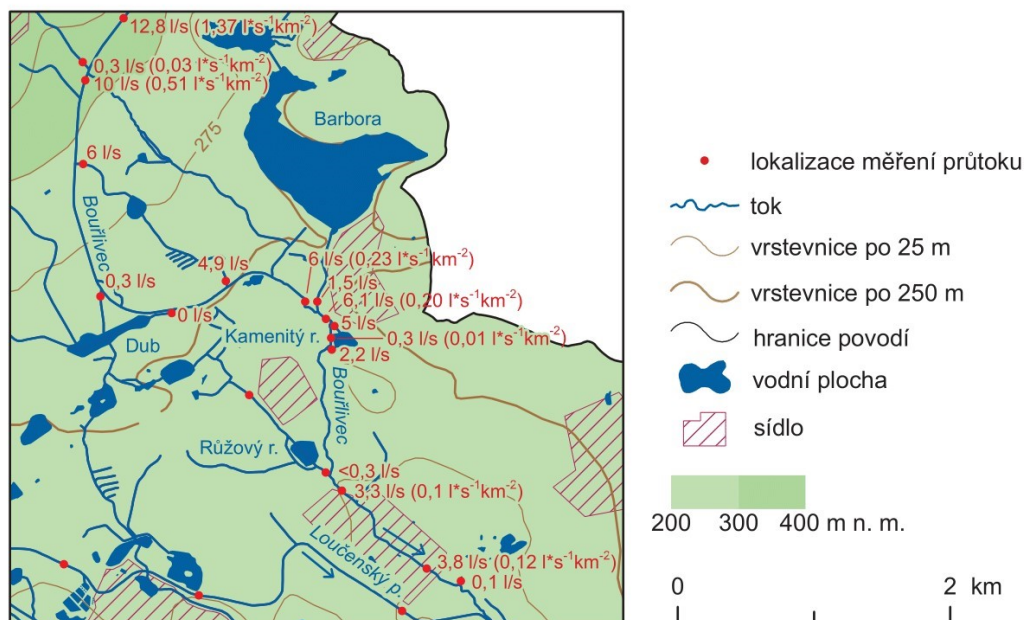
Dále u přepadu byl na Bouřlivci zjištěn průtok 4,6 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $1,08 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Došlo tedy k nárůstu průtoku, ale poklesu specifického odtoku. Mlýnecký potok byl v tento den zcela vyschlý. V obci Hrob byl poté naměřen na Bouřlivci průtok 6,2 l/s a opět došlo k nárůstu průtoku v toku. Specifický odtok ale poklesl na $0,82 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, což je z velké části dáno zvětšením plochy povodí Mlýneckým potokem, který byl ale suchý a tok nedotoval žádnou vodou. Dále do toku přitéká odtok z ČOV, na kterém byl naměřen průtok 5 l/s. Pod tímto přítokem byl naměřen průtok 12,8 l/s, což přibližně odpovídá součtu dvou přítoků. Specifický odtok zde narostl na $1,37 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Křižanovským potokem byl 10. září naměřen přítok pouhých 0,3 l/s ($0,03 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). Zajímavostí je, že do tohoto toku přitékalo z Domaslavického potoka 2,5 l/s. Tato voda se však nedostala až k ústí toku do Bouřlivce a došlo k její ztrátě. Podobná situace nastala při měření 14. července, kdy před soutokem v obci Křižanov byl na Domaslavickém potoce naměřen průtok 3,9 l/s a na Křižanovském 4,3 l/s a do Bouřlivce z těchto dvou toků ústilo pouhých 5,7 l/s. Vzhledem k dlážděnému korytu, které se v těchto oblastech nachází, lze tuto ztrátu vysvětlit především odběrem do zahrádek. Stejná situace byla zaznamenána i u přítoků Loučenského potoka. Nad sídly byly vždy průtoky vyšší než pod sídly na soutoku, kde měření probíhalo. Na první pohled se tato čísla mohou jevit jako nepodstatná, ale ve skutečnosti znamenají úplnou ztrátu již tak nízkého průtoku. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na horním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 54.



Obrázek č. 54: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na horním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Průtok v Bouřlivci byl pod přítokem z Křižanovského potoka 10 l/s ($0,51 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$) a došlo tedy k poklesu průtoků o více než 2 l/s a specifického odtoku o $0,86 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Do rybníka u bývalé obce Hajniště vtékalo 6 l/s a v Bouřlivci tedy zůstávaly za této situace pouhé 4 l/s. Z rybníka se poté vrací 4,9 l/s a dochází tedy ke ztrátě necelého jednoho litru za sekundu, pravděpodobně vlivem výparu či infiltrace. Výpar z volné vodní hladiny tohoto rybníka přepočtený do měřítka průtoků měl hodnotu 0,56 l/s. Do rybníka Dub je poté z toku odebíráno 0,3 l/s. V tomto případě nedochází k tak významné ztrátě vody v této rybníční soustavě, protože rybníky jsou již dotovány vodou méně. Výpar z nich je však pravděpodobně díky stále relativně vysokým teplotám poměrně velký. Před přítokem vratky z jezera Barbora byl na Bouřlivci naměřen průtok 6 l/s, který odpovídá $0,23 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Jako u obou předchozích měření byl zaznamenán poměrně výrazný pokles průtoků i specifického odtoku. Poté co Bouřlivec přijal vodu z jezera Barbora (1,5 l/s), byl však naměřen téměř stejný průtok 6,1 l/s. Do Kamenitého rybníka poté odtékalo 5 l/s a v Bouřlivci tím pádem zůstával velmi nízký průtok 1 l/s. Z rybníka se poté zpět do Bouřlivce vrací pouze 2,2 l/s a dochází tedy ke ztrátě téměř 3 l/s. Výpar z volné vodní hladiny přepočtený do měřítka průtoků měl hodnotu necelý 0,5 l/s. Za Růžovým rybníkem byl naměřen průtok 3,3 l/s ($0,1 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$) a u limnigrafu Lahošť poté 3,8 l/s ($0,12 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$). Při porovnání této naměřené hodnoty s prahovou hodnotou Q_{364d} je jisté, že v tomto období se v povodí vyskytovalo velmi významné suché období. Mapa podélného profilování

průtoků ze dne 10. září 2020 na středním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 55.



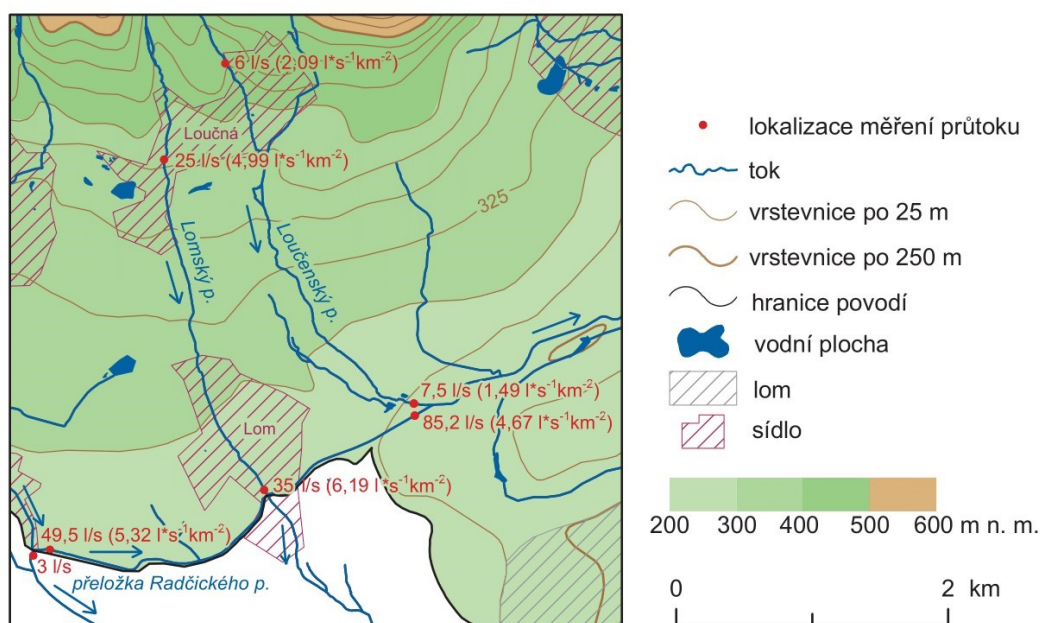
Obrázek č. 55: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na středním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

7.4 Podélné profilování průtoků z 25.–26. listopadu 2020

Čtvrté terénní měření v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce proběhlo ve dvou dnech – 25. listopadu 2020 na Loučenském potoce a poté 26. listopadu 2020 na Bouřlivci. V tyto dny bylo zataženo a nejvyšší denní teploty dosahovaly pouhých 3 °C. Na většině území bylo zataženo, s častým výskytem mlhy.

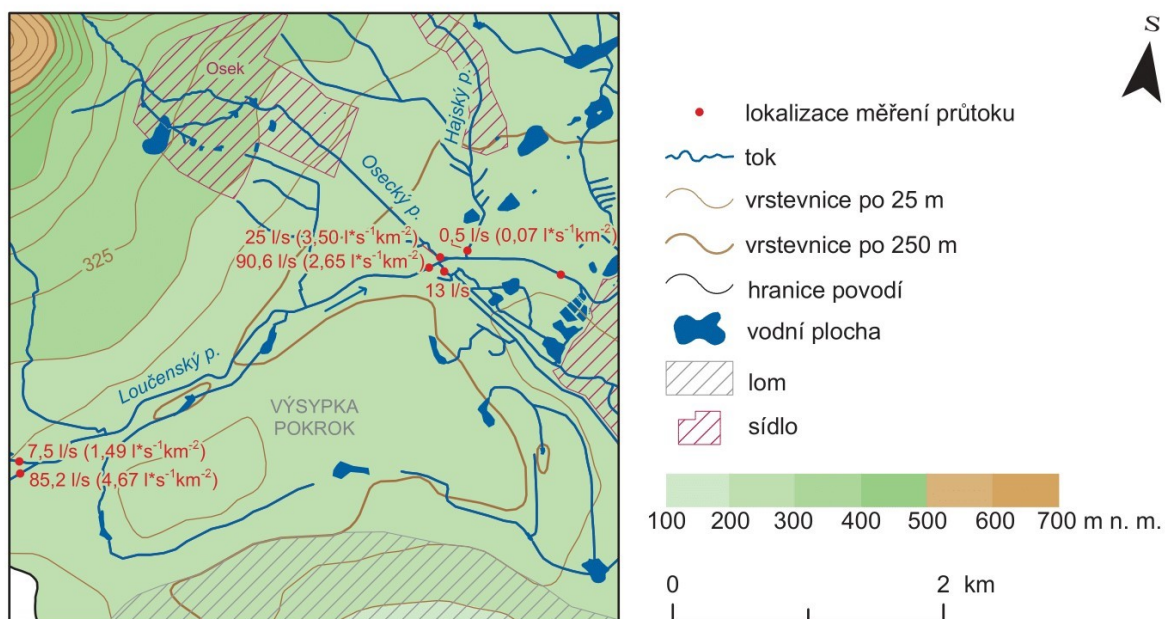
Do zbytkového koryta Radčického potoka směrem do obce Mariánské Radčice byl vpouštěn hygienický proplach 3 l/s. V přeložce Radčického potoka byl poté naměřen průtok 49,5 l/s. Specifický odtok v těchto místech odpovídal hodnotě 5,32 l*s⁻¹*km⁻². Lomským potokem poté do toku přitékalo 35 l/s a specifický odtok měl poměrně vysokou hodnotu 6,19 l*s⁻¹*km⁻². Pro porovnání zde 14. července protékalo pouhých 0,8 l/s (0,14 l*s⁻¹*km⁻²). Na středním toku Lomského potoka byl naměřen průtok 25 l/s a specifický odtok 4,99 l*s⁻¹*km⁻² a poprvé v sérii měření zde nebylo zaznamenáno snížení průtoků, naopak poměrně vysoké zvýšení. U soutoku přeložky Radčického potoka a Loučenského potoka byl v přeložce naměřen průtok 85,2 l/s. Tento průtok odpovídá součtu průtoků u rozdělovacího objektu na Radčickém potoce a přítoku z Lomského potoka. Přestože v této oblasti došlo k poměrně vysokému nárůstu

průtoku, specifický odtok poklesl z $5,32 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ na $4,67 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Loučenským potokem v těchto místech přitéká $7,5 \text{ l/s}$ ($1,49 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). V obci Loučná byl na Loučenském potoce naměřen průtok 6 l/s a docházelo tedy k přirozenému zvýšení průtoku. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 56.



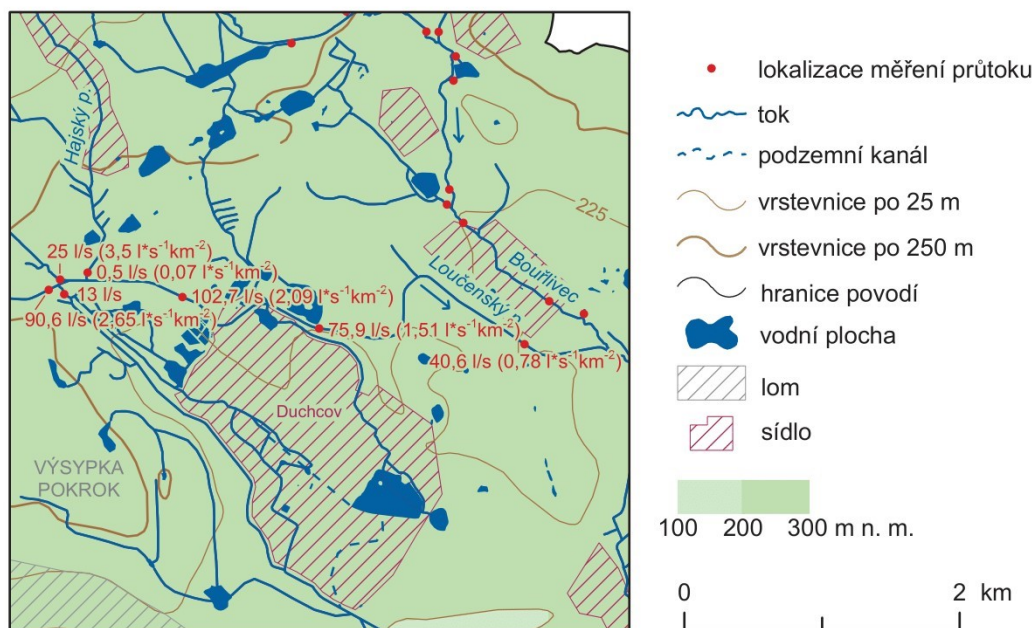
Obrázek č. 56: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na přeložce Radčického potoka a na horním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

U přítoku Oseckého potoka byl naměřen na Loučenském potoce průtok $90,6 \text{ l/s}$ a specifický odtok měl hodnotu $2,65 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Oseckým potokem zde přitékalo 25 l/s ($3,50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$) a zbytkovým korytem odtékalo 13 l/s . Hajským potokem poté přitékalo pouhých $0,5 \text{ l/s}$ ($0,07 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na středním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 57.



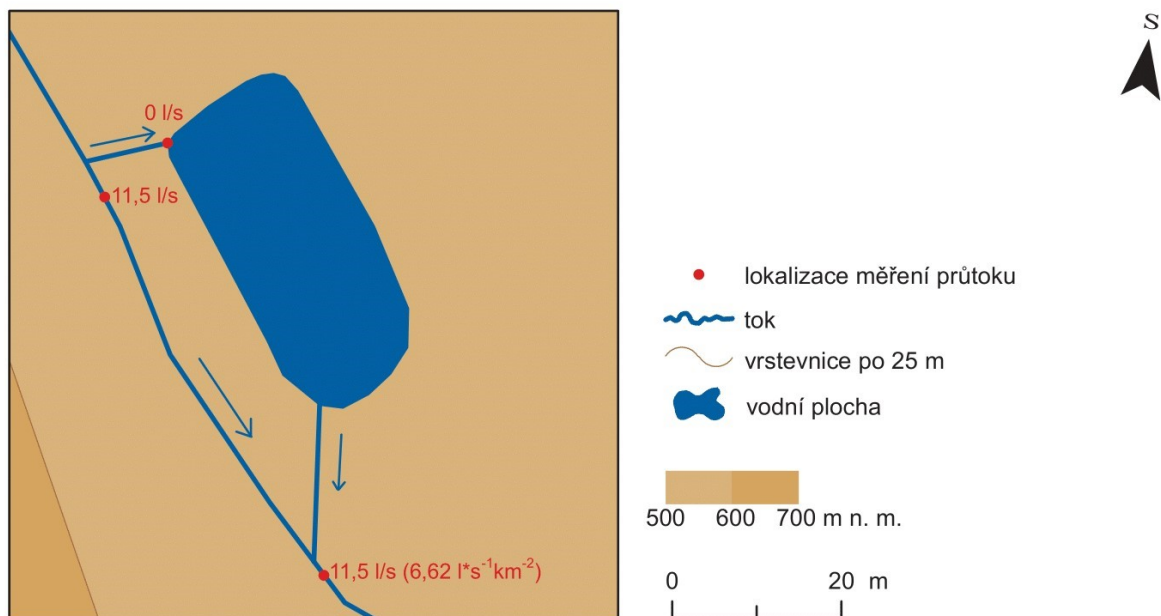
Obrázek č. 57: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na středním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Před sádkami v obci Duchcov byl v Loučenském potoce naměřen průtok 102,7 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $2,09 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Tento průtok dle bilance zcela odpovídá součtu předchozího naměřeného průtoku, přítoku z Oseckého a Hajského rybníka a odběru zbytkovým korytem Oseckého potoka. Za sádkami byl poté naměřen průtok 75,9 l/s ($1,51 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$). Jedná se o poměrně významné snížení průtoků a s tím spojeného specifického odtoku, který byl z velké části pravděpodobně způsoben odběrem vody do místních sádek. Významný pokles hladiny vody byl zaznamenán také na spodní části toku u limnigrafu Duchcov, kde byl naměřen průtok 40,6 l/s a specifický odtok $0,78 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Tato hodnota průtoků naměřena na limnigrafu na Loučenském potoce je velmi podobná hodnotě naměřené 27. května 2020 na tomtéž místě, přestože hydrologická bilance na toku byla zcela odlišná. Ačkoli byly některé naměřené hodnoty z 25. listopadu značně vyšší než u předchozích měření, průtok na limnigrafu byl stále silně podprůměrný. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na dolním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 58.



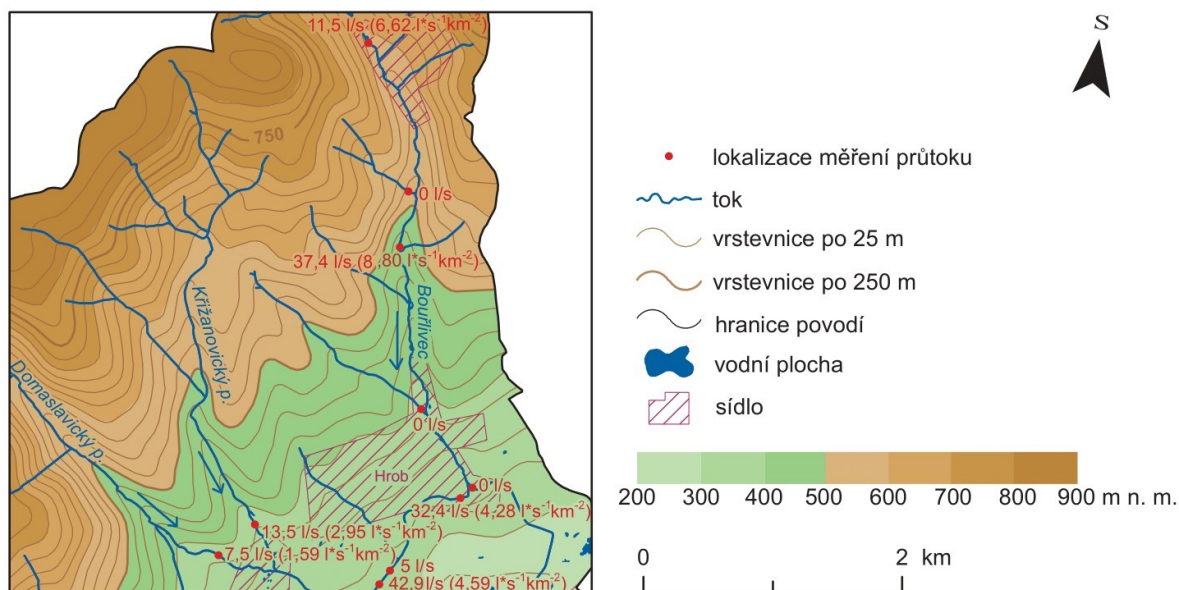
Obrázek č. 58: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na dolním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Další měření průtoků na Bouřlivci bylo provedeno 26. listopadu. První měření proběhlo jako již obvykle v obci Mikulov u malé vodní nádrže, kde byl naměřen průtok 11,5 l/s, který odpovídá specifickému odtoku 6,62 l*s⁻¹*km⁻². Přítok do blízké vodní nádrže byl nulový. Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov s naměřenými hodnotami průtoků ze dne 26. listopadu 2020 je zobrazeno na obrázku č. 59.



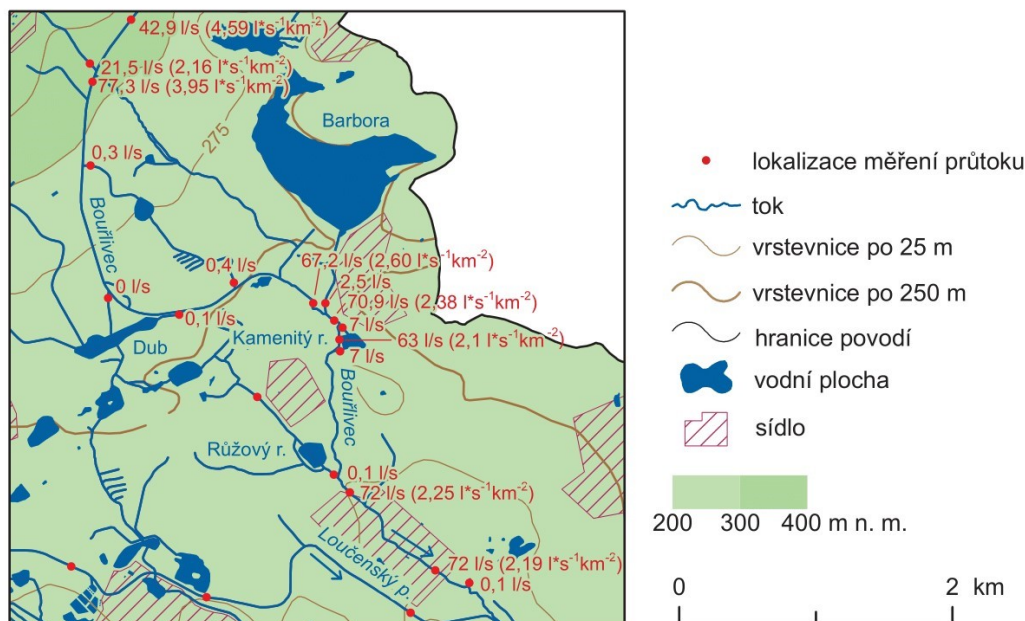
Obrázek č. 59: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 26. listopadu 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Po přibližně dvou kilometrech bylo zjištěno poměrně velké zvýšení průtoku na Bouřlivci na 37,4 l/s, tedy $8,80 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Takto vysoký průtok musel být měřen pod přepadem pomocí objemové metody a dle bilance je pravděpodobné, že došlo k nadhodnocení průtoku. Tomu odpovídá i průtok naměřený v obci Hrob, který měl hodnotu 32,4 l/s ($4,28 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$), přestože zde patrně nedocházelo k významné ztrátě vody. Ačkoli byly v těchto dnech naměřené hodnoty průtoku oproti předchozím obecně vyšší, Mlýnecký potok byl při tomto měření opět suchý. U rozdělovacího objektu v obci Hrob byla všechna voda svedena do toku obtékající jezero Barbora a byl zde naměřen již zmíněný průtok 32,4 l/s. Dále se do Bouřlivce vlévá přítok z ČOV, na kterém byl naměřen průtok 5 l/s. Pod tímto přítokem byl v Bouřlivci naměřen průtok 42,9 l/s a specifický odtok měl hodnotu $4,59 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Křižanovský potok poté dotoval Bouřlivec 21,5 l/s. Do Křižanovského potoka přitékalo z Domaslavického potoka 7,5 l/s a z Křižanovského potoka (nad obcí Křižanov) 13,5 l/s. Mapa podélného profilování průtoků ze dne 26. listopadu 2020 na horním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 60.



Obrázek č. 60: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 26. listopadu 2020 na horním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Pod přítokem Křižanovského potoka (21,5 l/s) byl v Bouřlivci naměřen průtok 77,3 l/s, specifický odtok v této oblasti poklesl z 4,59 l*s⁻¹*km⁻² na 3,95 l*s⁻¹*km⁻². Odběry do rybníků v tomto období byly dle očekávání nízké. Do rybníka u bývalé obce Hajniště byl odebírán průtok pouhých 0,3 l/s, což odpovídalo průsaku přes vybudovanou provizorní hrázku, a do rybníka Dub byl odtok nulový. Z rybníka Dub se poté vracel minimální průtok (0,1 l/s) a z rybníka u bývalé obce Hajniště se vracel průtok 0,4 l/s. Před přítokem z jezera Barbora byl na Bouřlivci naměřen průtok 67,2 l/s (2,60 l*s⁻¹*km⁻²). V průběhu toku mezi oblastí po přítoku z Křižanovského potoka a před přítokem z jezera Barbora tedy došlo, jako při každém terénním měření, k poklesu průtoku i specifického odtoku. Poté co Bouřlivec přijal vodu z rybníka Otakar a jezera Barbora (2,5 l/s), byl naměřen průtok 70,9 l/s (2,38 l*s⁻¹*km⁻²). Do Kamenitého rybníka bylo poté odebíráno 7 l/s, stejné množství se pak opět vrátilo do toku bez jakýchkoli ztrát. Okolo Kamenitého rybníka v toku Bouřlivec zůstával průtok 63 l/s. Pod přítokem z Růžového rybníka (0,1 l/s) byl na Bouřlivci naměřen průtok 72 l/s (2,25 l*s⁻¹*km⁻²), stejně jako poté u limnigrafu Lahošť, kde měl specifický odtok hodnotu 2,19 l*s⁻¹*km⁻². Tento naměřený průtok má vyšší hodnotu než prahová hodnota Q_{355d} . Mapa podélného profilování průtoků ze dne 26. listopadu 2020 na středním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 61.

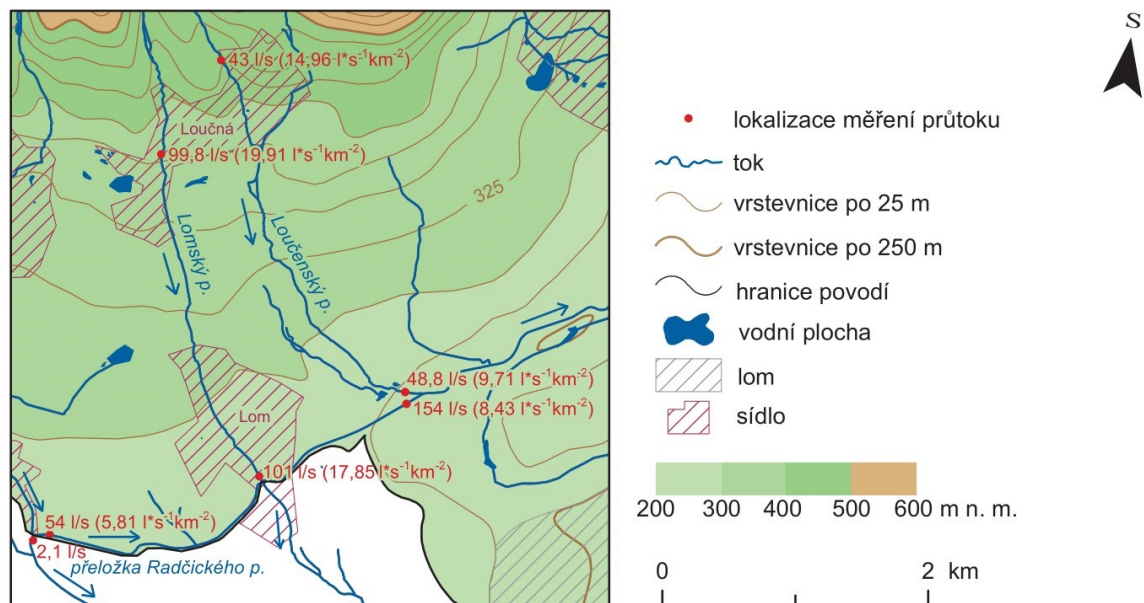


Obrázek č. 61: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 26. listopadu 2020 na středním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

7.5 Podélné profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021

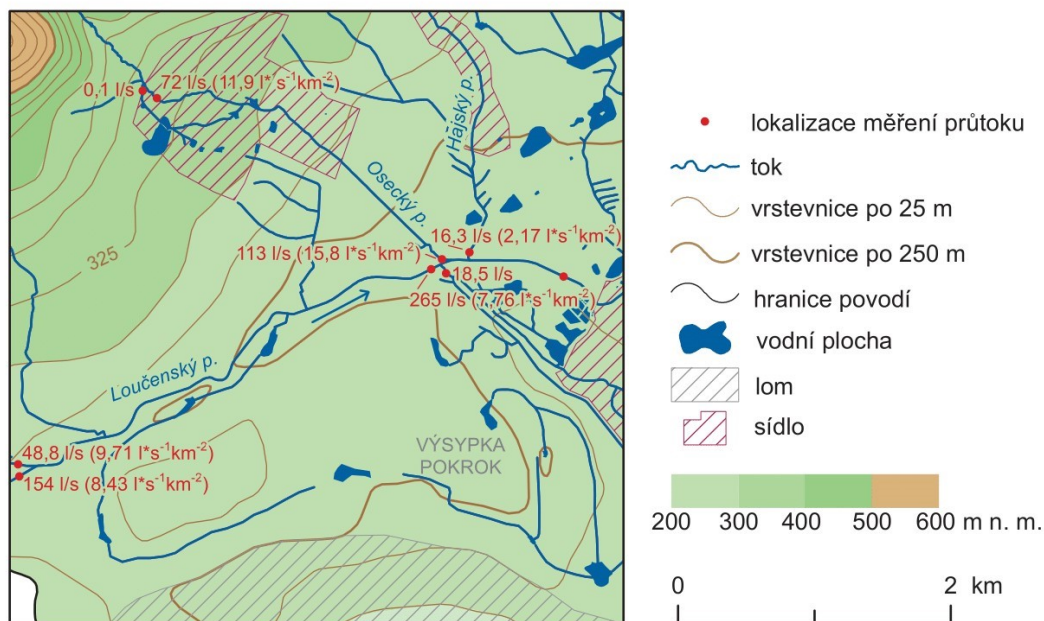
Poslední terénní měření v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce proběhlo opět ve dvou dnech, konkrétně 14. a 15. dubna 2021. V tyto dny bylo polojasno až oblačno a nejvyšší denní teploty dosahovaly až 8 °C.

První měření proběhlo opět u rozdělovacího objektu na Radčickém potoce. Zde byl na přeložce Radčického potoka naměřen nejvyšší průtok ze všech měření – 54 l/s a specifický odtok $5,81 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Do obce Mariánské Radčice byl vpouštěn hygienický proplach 2,1 l/s, což je naopak nejnižší naměřený průtok v těchto místech. Lomským potokem poté do přeložky Radčického potoka přitéklo 101 l/s ($17,85 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$), což je několikanásobně vyšší průtok, než jaký byl doposud naměřen. Pro porovnání zde byl v letním období naměřen průtok menší než 1 l/s. Na středním toku Lomského potoka byl poté naměřen průtok 99,8 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $19,91 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. U soutoku přeložky Radčického potoka a Loučenského potoka byl v přeložce naměřen průtok 154 l/s. Loučenským potokem zde přitékalo 48,8 l/s, což odpovídalo specifickému odtoku $9,71 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. V obci Loučná byl na Loučenském potoce naměřen průtok 43 l/s. Všechny tyto hodnoty průtoků jsou nejvyšší ze všech provedených měření. Mapa podélného profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 62.



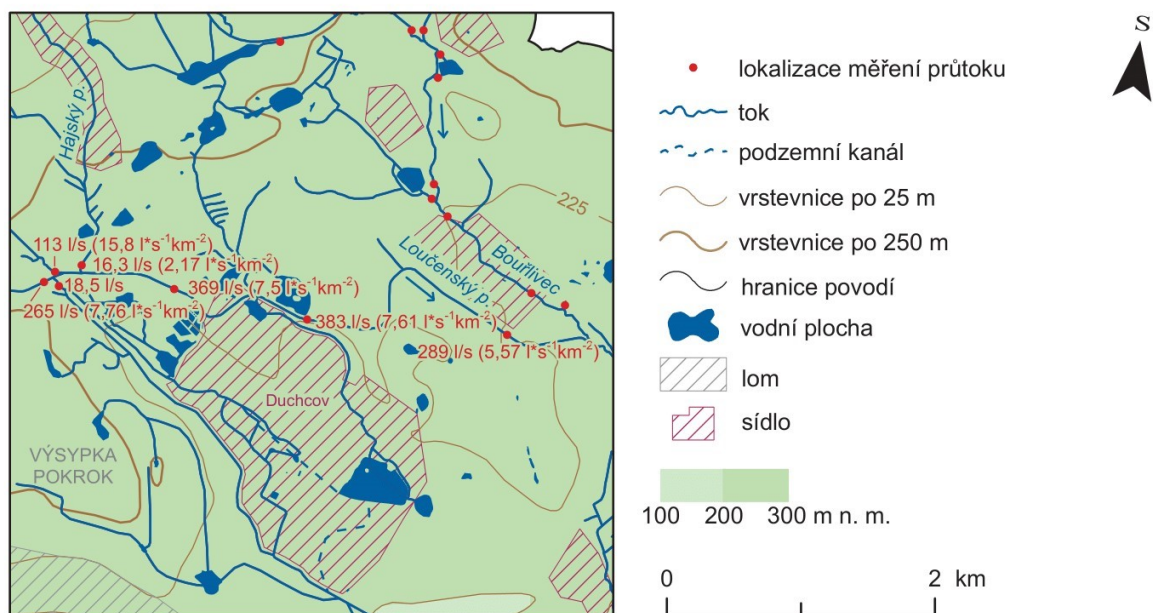
Obrázek č. 62: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

U přítoku Oseckého potoka byl poté naměřen na Loučenském potoce průtok 265 l/s a specifický odtok měl hodnotu $7,76 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$. Došlo tedy od přítoku Loučenského potoka do přeložky Radčického potoka k nárůstu průtoků o 111 l/s. Oseckým potokem v těchto místech přitékalo 113 l/s ($15,8 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$). Pro porovnání zde 10. září 2020 přitékalo pouhých 0,4 l/s. Na středním toku Oseckého potoka byl naměřen průtok 72 l/s a specifický odtok $11,9 \text{ l*s}^{-1}\text{km}^{-2}$ a došlo zde tedy k přirozenému nárůstu průtoků i specifického odtoku. Zbytkovým korytem Oseckého potoka v těchto místech z Loučenského potoka odtékalo 18,5 l/s. Hajským potokem do toku přitékalo 16,3 l/s. Pro porovnání zde bylo doposud naměřen maximální průtok 1,5 l/s. Mapa podélného profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021 na středním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 63.



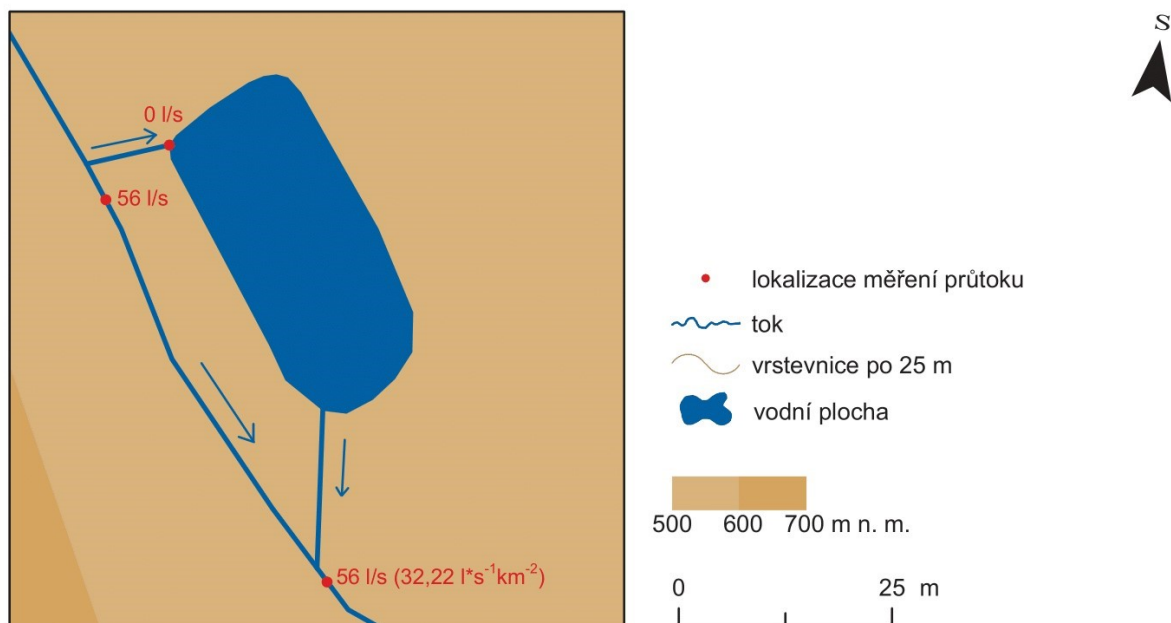
Obrázek č. 63: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na středním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Před sádkami v obci Duchcov byl v Loučenském potoce naměřen průtok 369 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $7,50 l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Došlo k nárůstu průtoků o více než 100 l/s. Tento nárůst je však dán především přítokem z Oseckého a Hájského potoka. Dále byl u rybníka Leontýna naměřen průtok 383 l/s. V těchto místech byl poprvé za celou řadu pozorování zaznamenán nárůst průtoků. U limnigrafu na Loučenském potoce byl poté naměřen průtok 289 l/s a specifický odtok $5,57 l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Došlo tedy k velmi výraznému poklesu průtoků, který byl pravděpodobně ovlivněn značným kolísáním hladiny v průběhu dne. Tato naměřená hodnota byla vyšší než prahová hodnota Q_{300d} . Mapa podélného profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021 na dolním toku Loučenského potoka s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 64.



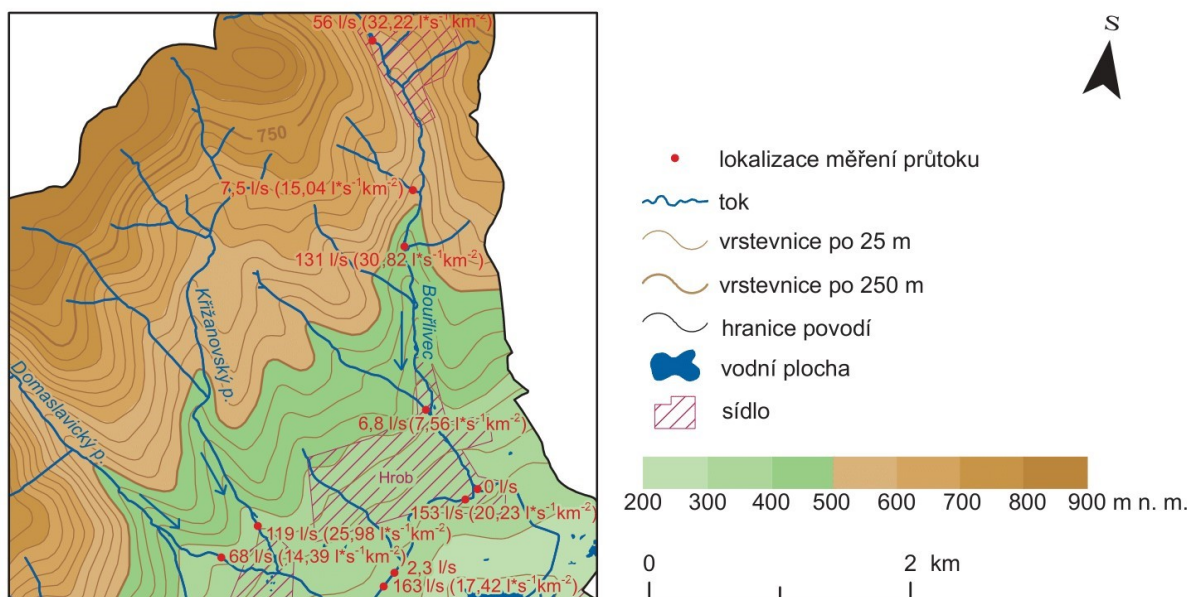
Obrázek č. 64: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na dolním toku Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Na Bouřlivci proběhlo jako již obvykle první měření v obci Mikulov u malé vodní nádrže. Bylo zde zjištěno, že, jako u dvou předešlých měření, nedocházelo k odběru vody do malé vodní nádrže v obci Mikulov. Na Bouřlivci byl v těchto místech naměřen průtok 56 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $32,22 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov s naměřenými hodnotami průtoků ze dne 14. –15. dubna 2021 je zobrazeno na obrázku č. 65.



Obrázek č. 65: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dnů 14.–15. dubna 2021 (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

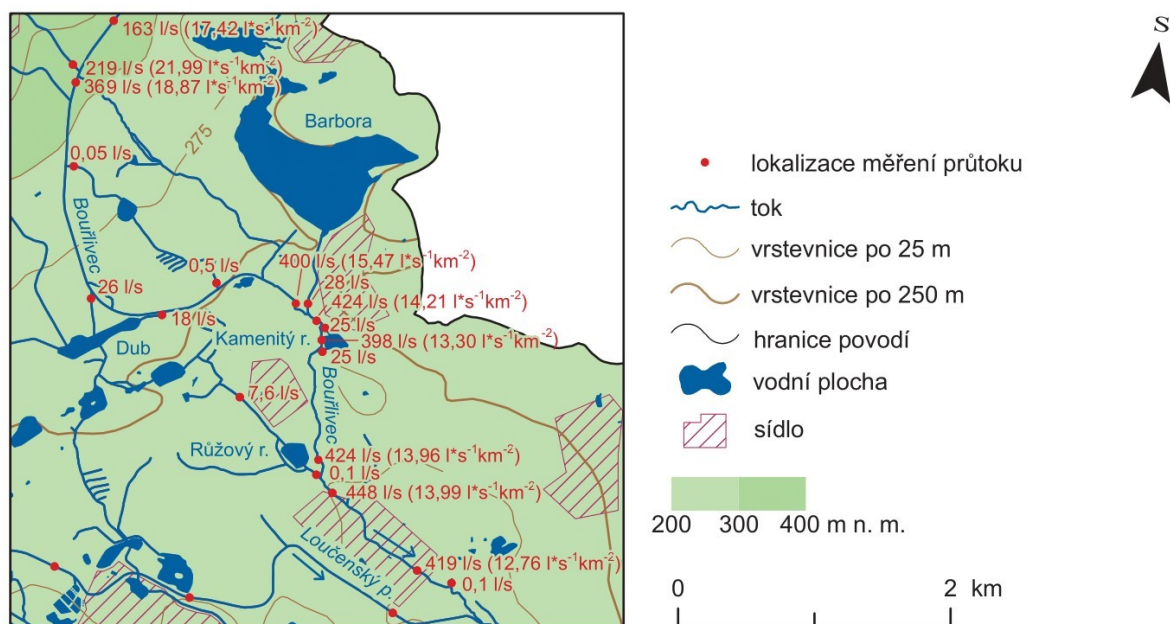
Dále po proudu přitékal do Bouřlivce bezejmenný tok, ze kterého přitékalo 7,5 l/s. Tento tok je z velké části roku vyschlý a protéká jen při poměrně vysokých průtocích. Dále po toku Bouřlivce byl naměřen průtok 131 l/s, který odpovídá specifickému odtoku $30,82 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Na toku tedy došlo k nárůstu průtoku, přestože specifický odtok mírně poklesl. Dále Mlýneckým potokem přitékalo 6,8 l/s, což je jednoznačně nejvyšší naměřený průtok v těchto místech. U předchozích měření byl naměřen maximální průtok nižší než 1 l/s. U rozdělovacího objektu v obci Hrob byla jako vždy všechna voda svedena do toku obtékající rybník Otakar a jezero Barbora a byl zde naměřen průtok 153 l/s. Průtok na Bouřlivci tedy postupně rostl a specifický odtok naopak klesal. Dále po toku z ČOV přitékalo 2,3 l/s, což odpovídá běžnému zde naměřenému průtoku. Pod přítokem z ČOV byl na Bouřlivci naměřen průtok 163 l/s. Průtok tedy opět vzrostl a specifický odtok poklesl z $20,23 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ na $17,42 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Z Křižanovského potoka pod Křižanovem poté do Bouřlivce ústilo 219 l/s (skládající se především ze 119 l/s z Křižanovského potoka nad Křižanovem a 68 l/s z Domaslavického potoka). Mapa podélného profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021 na horním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 66.



Obrázek č. 66: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na horním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

Po přítoku z Křižanovského potoka byl na Bouřlivci naměřen průtok 369 l/s. Přestože po sečtení předešlého průtoku na Bouřlivci a přítoku z Křižanovského potoka by měl být průtok o něco vyšší, tato nejjasnost je dána především nejistotou měření, jelikož i při takto vysokých průtocích, byla jedinou možnou metodou objemová metoda. Dále po toku byl do rybníka u bývalé obce Hajniště odebírán minimální průtok 0,05 l/s. Jednalo se spíše o průsak přes provizorní vybudovanou hrázku. Z rybníka se poté zpátky do toku vracelo o něco více, konkrétně 0,5 l/s. Do rybníka Dub bylo 14.–15. dubna 2021 odebíráno 26 l/s, což je jednoznačně nejvíce ze všech měření. To je dáno především vysokým průtokem na Bouřlivci, který ovlivňuje odtok z koryta. Z rybníka Dub se poté vracelo 18 l/s. Jedná se opět o velké množství vody oproti předchozím měření, u kterých bylo v těchto místech zaznamenáno spíše zvlhčení koryta (maximálně 0,1 l/s). Dále za rybníkem Dub byl před Růžovým rybníkem naměřen průtok 7,6 l/s a z Růžového rybníka přitékalo do Bouřlivce pouhých 0,1 l/s. Na Růžovém rybníce tedy došlo k poměrně významné ztrátě vody 7,5 l/s. Růžový rybník byl v době měření zřejmě ještě stále napouštěn, na podzim byl vypuštěn. Na Bouřlivci byl poté před přítokem z jezera Barbora naměřen průtok 400 l/s. Z jezera Barbora poté přitékalo 28 l/s a dále po toku bylo na Bouřlivci naměřeno 424 l/s. Určitý pokles průtoků je pravděpodobně dán nejistotou měření. Do Kamenitého rybníka následně odtékalo 25 l/s a stejně množství se posléze z rybníka také vrátilo. V korytě Bouřlivce okolo Kamenitého rybníka zůstalo dle měření 398 l/s. Před přítokem z Růžového rybníka byl poté opět naměřen průtok 424 l/s. Po přítoku z Růžového rybníka, který měl průtok pouhých 0,1 l/s, byl naměřen na Bouřlivci průtok 448 l/s. Tento poměrně rychlý

nárůst je však pravděpodobně dán nejistotou měření. To dokazuje i pokles hodnoty u limnigrafu, kde byl naměřen průtok 419 l/s. Tento naměřený průtok na limnigrafu je poměrně vysoký a odpovídá přibližně Q_{95d} . Mapa podélného profilování průtoků z 14.–15. dubna 2021 na středním toku Bouřlivce s hodnotami průtoků a specifických odtoků je zobrazena na obrázku č. 67.



Obrázek č. 67: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na středním toku Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD společně s daty naměřenými při terénním šetření)

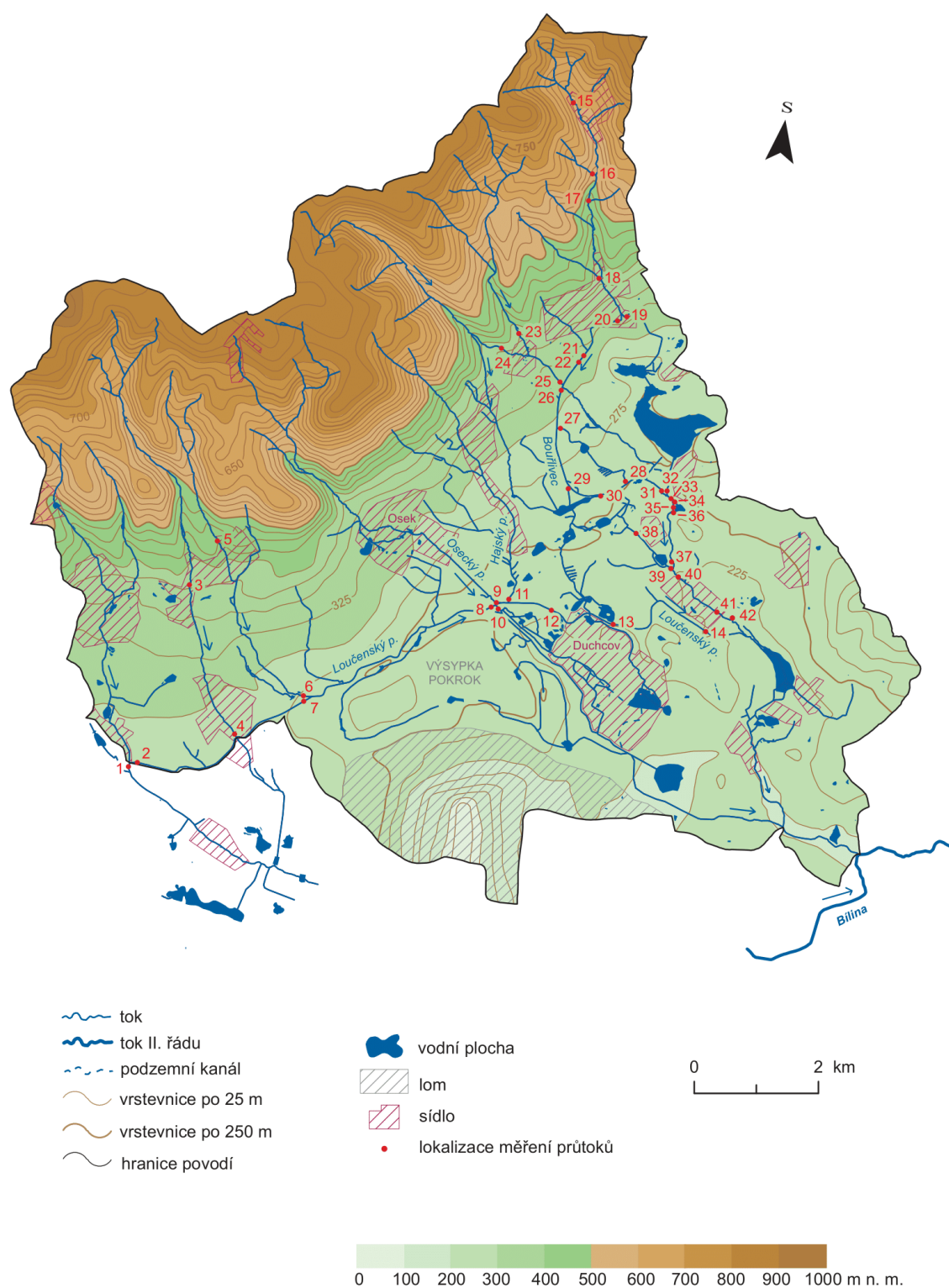
V tabulkách č. 10 a 11 jsou shrnuta všechna provedená měření a na obrázku č. 68 jsou znázorněna místa šetření označená čísla pro snazší orientaci.

Tabulka č. 10 Shrnutí naměřených hodnot průtoků vody při podélném profilování průtoků na Loučenském potoce. Hodnoty průtoků (Q) jsou uvedeny v l/s, hodnoty specifického odtoku (q) jsou uvedeny v $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. (zdroj: vlastní zpracování dat naměřených při terénním šetření a databáze DIBAVOD a ArcČR)

Loučenský potok	27.05.2020		14.07.2020		10.09.2020		25.11.2020		14./15.4.2021	
	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q
1 Hygienický proplach	-	-	2,5	/	4,0	/	3,0	/	2,1	/
2 Přeložka Radčického potoka	-	-	43,8	4,7	3,5	0,4	49,5	5,3	54,0	5,8
3 Lomský potok v obci Loučná	-	-	5,8	1,2	5,3	1,1	25,0	5,0	99,8	19,9
4 Lomský potok	-	-	0,8	0,1	2,1	0,4	35,0	6,2	101,0	17,9
5 Loučenský potok v Loučné	-	-	0,5	0,2	0,4	0,1	6,0	2,1	43,0	15,0
6 Loučenský potok	1,5	0,3	0	0	0	0	7,5	1,5	48,8	9,7
7 Přeložka Radčického potoka	45,9	2,5	33,4	1,8	29,0	1,6	85,2	4,7	154,0	8,4
8 Loučenský potok	47,8	1,4	34,9	1,0	25,6	0,8	90,6	2,7	265,0	7,8
9 Osecký potok	6,0	0,8	1,5	0,2	0,4	0,1	25,0	3,5	113,0	15,8
10 Zbytkové koryto Oseckého p.	12,0	/	11,0	/	10,2	/	13,0	/	18,5	/
11 Hajský potok	1,5	0,2	0	0	0,1	0,01	0,5	0,1	16,3	2,2
12 Loučenský potok nad sádkami	58,3	1,2	21,1	0,4	11,9	0,2	102,7	2,1	369,0	7,5
13 Loučenský potok u Leontýny	41,0	0,8	8,8	0,2	0,5	0,01	75,9	1,5	383,0	7,6
14 Loučenský potok limnigraf	42,0	0,81	27,6	0,53	7,2	0,1	40,6	0,8	289,0	5,6

Tabulka č. 11: Shrnutí naměřených hodnot průtoků vody při podélném profilování průtoků na vodním toku Bouřlivec. Hodnoty průtoků (Q) jsou uvedeny v l/s, hodnoty specifického odtoku (q) jsou uvedeny v $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. (zdroj: vlastní zpracování dat naměřených při terénním šetření a databáze DIBAVOD a ArcČR)

Bouřlivec	27.05.2020		14.07.2020		10.09.2020		26.11.2020		14./15.4.2021	
	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q	Q	q
15 Bouřlivec Mikulov	5,7	3,3	3,5	2,0	2,3	1,3	11,5	6,6	56,0	32,2
15b Z Bouřlivce do vodní nádrže	5,0	/	3,2	/	0	/	0	/	0	/
16 Bezejmenný přítok	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	15,0
17 Bouřlivec	8,0	1,9	7,8	1,8	4,6	1,1	37,4	8,8	131,0	30,8
18 Mlýnecký potok	0,4	0,5	0,1	0,1	0	0	0	0	6,8	7,6
19 Odtok do Barbory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Bouřlivec Hrob	18,0	2,4	9,7	1,3	6,2	0,8	32,4	4,3	153,0	20,2
21 Výpusť z ČOV	5,0	/	2,1	/	5,0	/	2,4	/	2,3	/
22 Bouřlivec pod výpustí z ČOV	26,0	2,8	16,8	1,8	12,8	1,4	42,9	4,6	163,0	17,4
23 Křižanovský potok nad Křižanovem	5,5	1,2	4,3	0,9	0,1	0,02	13,5	2,6	119,0	26,0
24 Domaslavický potok nad Křižanovem	6,0	1,3	3,9	0,8	2,5	0,5	7,5	1,6	68,0	14,4
25 Křižanovský potok	12,0	1,2	5,7	0,6	0,3	0,03	21,5	2,2	219,0	22,0
26 Bouřlivec	38,0	1,9	22,3	1,1	10,0	0,5	77,3	4,0	369,0	18,9
27 Odtok do rybníka – Hajniště	-	-	7,7	/	6,0	/	0,3	/	0,05	/
28 Přítok z rybníka – Hajniště	23,5	/	5,8	/	4,9	/	0,4	/	0,5	/
29 Odtok do Dubu	-	-	2,3	/	0,3	/	0	/	26,0	/
30 Přítok z Dubu	0,1	/	0	/	0	/	0,1	/	18,0	/
31 Bouřlivec před přítokem z Barbory	27,1	1,1	-	-	6,0	0,2	67,2	2,6	400,0	15,5
32 Přítok z Barbory	22,7	/	7,4	/	1,5	/	2,5	/	28,0	/
33 Bouřlivec po přítoku z Barbory	-	-	13,9	0,5	6,1	0,2	70,9	2,4	424,0	14,2
34 Odtok do Kamenitého rybníka	12,0	/	3	/	5,0	/	7,0	/	25,0	/
35 Bouřlivec po odtoku do Kam. ryb.	-	-	7,4	0,3	0,3	0,01	63,0	2,1	398,0	13,3
36 Přítok z Kamenitého rybníka	19,7	/	5,1	/	2,2	/	7,0	/	25,0	/
37 Bouřlivec před přítokem z Růž. Ryb.	56,9	1,9	13,9	0,5	6,1	0,2	63,0	2,1	424,0	14,0
38 Přítok do Růžového rybníka	2,1	/	0,6	/	0,5	/	2,3	/	7,6	/
39 Přítok do Bouřlivce z Růž. ryb.	<2	/	<0,2	/	<0,3	/	0,1	/	0,1	/
40 Bouřlivec po přítoku z Růžového ryb.	81,7	2,6	14,9	0,5	3,3	0,1	72,0	2,3	448,0	14,0
41 Bouřlivec u limnigrafu	57,7	1,8	14,7	0,5	3,8	0,1	72,0	2,2	419,0	12,8
42 Přítok Bouřlivce za limnigrafem	<1	/	<0,1	/	0,1	/	0,1	/	0,1	/



Obrázek č. 68: Přehledná mapa míst, na kterých probíhalo podélné profilování průtoku (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR a databáze DIBAVOD)

7.6 Shrnutí výsledků podélného profilování

Z výsledků měření v pěti odlišných hydrologických podmínkách lze nalézt určité analogie. Při zaměření na ztráty vody v povodí se jako zásadní jeví odběry vody pro rybníky, rybníční soustavy a sádky, kde se ukazuje, že dochází ke značným ztrátám vody v celém povodí vlivem výparu z vodní hladiny a evapotranspirace z přilehlých lužních porostů. Dále způsobují významnou ztrátu vody v povodí drobní odběratelé, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Byť se tyto odběry malého množství vody mohou jevit jako zanedbatelné, v jejich součtu v extrémně suchém období zanedbatelné nejsou.

Hygienický proplach pro obec Mariánské Radčice byl při všech měřeních průtoku velmi nízký a dosahoval maximálně 4 l/s. Přestože se v určitém slova smyslu jedná o odběr vody, voda je poté opět přečerpána zpět do přeložky Radčického potoka a nedochází tedy ke ztrátám vody v povodí. Na přeložce Radčického potoka v obci Louka u Litvínova byly naměřeny velmi různorodé hodnoty průtoku. V nejsušším období zde protékaly pouhé 3,5 l/s, což odpovídá $0,4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. V jarním období zde však bylo naměřeno více než 50 l/s ($5,8 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Do přeložky Radčického potoka poté přitéká Lomský potok. Na něm byl zjištěn významný pokles průtoku v letním období. Toto snížení průtoku je způsobeno nevidovanými odběry, které jsou provozované zahrádkářskými a chatařskými koloniemi a také jednotlivými obyvateli, kteří mají nemovitost v blízkosti toku (pro zalévání zahrad či čerpání vody do bazénů nebo malých rybníčků). Tomu nasvědčuje také to, že z velké části toku se zde nachází zpevněné koryto, které znemožňuje infiltraci vody do podloží. Podobná situace byla zaznamenána na horním toku Loučenského potoka. Zde však bylo ve dvou případech zaznamenáno i úplné vyschnutí toku. Téměř ve všech případech byl zaznamenán také pokles specifického odtoku (k nárůstu specifického odtoku docházelo pouze na Lomském potoce při listopadovém měření).

Na přeložce Radčického potoka a posléze i na Loučenském potoce (k Oseckému potoku) nebyly zaznamenány výrazné poklesy průtoku, které by naznačovaly ztrátu vody. Maximální zaznamenané množství vody na Loučenském potoce v oblasti u Oseckého potoka bylo 265 l/s a minimální pouze 25,6 l/s. Oseckým potokem poté přitékala různá množství vody. Přestože v některých případech docházelo téměř k úplnému vyschnutí toku, při dubnovém měření byl zaznamenán průtok 113 l/s. Zbytkovým korytem Oseckého potoka odtékalo z Loučenského potoka od 10 l/s do 18,5 l/s. Tato voda napájí například rybníky, malé vodní plochy a toky v zámecké zahradě nebo sklárnu Duchcov. Ze zámeckého parku je také čerpána voda do jezera Barbora nacházející se v obci Duchcov. Značné množství vody zde pojmu také zahrádkářské kolonie. Voda, která ve zbytkovém korytě Oseckého potoka po těchto odběrech

zůstane, se vrací do Bouřlivce až pod vodní nádrží Všechlapy, tudíž již nádrž nedotuje. Přestože se takovýto odběr může zdát poměrně nízký, v období sucha není zdaleka zanedbatelný. Odtékající množství vody není kontinuálně monitorováno a nelze tak přesně vyčíslit celkový objem vody, který nevstoupí do bilance na limnigrafu Duchcov. Hajský potok se v rámci terénního měření jeví jako méně významný tok, který dotoval Loučenský potok maximálně 16,3 l/s ($2,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). K velmi významnému odběru vody dochází místními rybáři pro sádky v obci Duchcov. V této oblasti byly zaznamenány ztráty vody i vyšší než 25 l/s. V některých případech došlo téměř k vysušení koryta, při kterém zůstalo v toku pouhých 0,5 l/s ($0,01 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). V oblasti mezi rybníkem Leontýnou (kde probíhalo měření) a limnigrafem Duchcov pak docházelo v letních měsících k nárůstu průtoku. To je pravděpodobně dáno dotací vody z ČS Křinec. Při listopadovém a dubnovém měření však docházelo k poklesu průtoku. Žádný významný odběratel zde ale nebyl zaznamenán. Pravděpodobně se tedy jedná o nepřesnost měření nebo ovlivnění nepravidelným vypouštěním důlních vod, protože i na limnigrafu Duchcov byly v době měření v listopadovém a dubnovém termínu zaznamenány značné výkyvy průtoku v průběhu dne. Vliv na toto snížení průtoků může mít také infiltrace.

V povodí Bouřlivce byl jako první vždy zaznamenáván odběr pro malou vodní nádrž v obci Mikulov. Odběry pro tuto nádrž byly zaznamenány pouze v květnu a červenci a voda se poté vracela zpátky do toku. Dále byl sledován bezejmenný pravostranný přítok a Mlýnecký potok. Tyto toky se ukázaly pro výsledky této práce nepodstatnými. Na Bouřlivci mezi obcemi Mikulov a Hrob docházelo vždy k přirozenému nárůstu průtoku. Specifický odtok ve většině případech klesal. V obci Hrob poté během celé řady pozorování nebyl zaznamenán odtok do jezera Barbora z toku Bouřlivce. Za obcí Hrob poté do toku přitékal odtok z ČOV – vždy v rozmezí 2 l/s až 5 l/s. Křižanovským potokem poté přitékalo velmi různorodé množství vody (od téměř nulového průtoku po více než 200 l/s). Na Křižanovském potoce byl zaznamenán stejný jev, jako na Lomském a Loučenském potoce. V letních měsících zde totiž také docházelo k výrazným ztrátám vody v povodí vlivem malých odběratelů. Také zde se nachází zpevněné koryto znemožňující infiltraci. Po přítoku z Křižanovského potoka je na Bouřlivci ve většině případů zaznamenáván přirozený nárůst vody v korytě. Poté dochází na Bouřlivci k řadě významných odběrů vody, a to do rybníka u bývalé obce Hajniště, do rybníka Dub anebo do Kamenitého rybníka. Tyto odběry ukazují, že vlivem odběru vody do rybníků a podobných vodních ploch dochází ke značným ztrátám vody v celém povodí vlivem výparu z vodní hladiny a evapotranspirace z přilehlých lužních porostů. Tyto odběry jsou tedy společně s odběry drobnými odběrateli, kteří čerpají vodu pro svou potřebu, velmi významné pro množství vody ve VD Všechlapy. U všech těchto odběrů byl zaznamenán jak samotný odběr vody z toku, tak

také množství, které se do toku opět vrátilo. Na Bouřlivci byl vlivem těchto odběrů zaznamenáván pokles průtoku i specifického odtoku. Na Bouřlivci se v této části toku nacházelo z především zpevněné koryto nepropustným materiálem. Také na limnigrafu Lahošť byl často zaznamenán úbytek vody v korytě, a to pravděpodobně vlivem malých odběratelů v obci Lahošť v oblasti zpevněného koryta nepropustným materiálem. Bezejmenný krátký přítok za limnigrafem Lahošť vykazoval vždy zanedbatelné množství vody.

To, jak výrazný vliv na ztráty vody v povodí má materiál nacházející se v korytě či geologický podklad koryta není možné přímo kvantifikovat. V pramenných částech toku se ve většině případů nachází téměř přírodní koryto, které nijak nezamezuje infiltraci. Toky se zde nachází v oblasti krystalinika, ve kterém dochází k infiltraci méně než u pánevních sedimentů. V rámci terénního měření však nebyly průtoky v této oblasti měřeny a z toho důvodu není ani možné kvantifikovat vliv infiltrace na odtok. Výjimkou je horní část toku Bouřlivec, která je v obci Mikulov zpevněna. V této oblasti je tedy infiltrace zamezena. Ve střední části povodí se nachází zpevněná koryta nepropustným materiálem již ve větším množství. Infiltrace je zde tedy výrazně nižší a v některých oblastech téměř zamezena. Dochází zde také k přechodu do pánevních sedimentů, ve kterých může docházet k vyšší infiltraci. Ve spodní části toku je pak infiltrace z vodního toku umožněna více. Na většině toků se nachází již menší množství zpevněných koryt nepropustným materiálem a může zde tedy docházet k přirozeným ztrátám vody v povodí vlivem infiltrace. Také z geologického hlediska je infiltrace do pánevních sedimentů snazší. K významnějším ztrátám vody mohlo v zájmovém povodí docházet především ve střední a dolní části toku Loučenského potoka a v dolní části toku Bouřlivec. Na Loučenském potoce například docházelo ke ztrátám vody, které mohla způsobit infiltrace, mezi rybníkem Leontýna a limnigrafem Duchcov. Zda však ztráty vody způsobovala přímo infiltrace, nebo jiné vlivy není jisté. Jak již bylo řečeno, tyto ztráty vody infiltrací nelze snížit, protože by to znamenalo vytvořit další nepropustná dna koryt v mnohakilometrových úsecích. Tyto ztráty tedy pro tento výzkum nejsou klíčové, jelikož je nelze jednoduše snížit a tím docílit většího množství vody ve VD Všechlapy. Celkově však lze říci, že významnější vliv na infiltraci má zpevněné koryto toku nepropustným materiálem než geologické podloží.

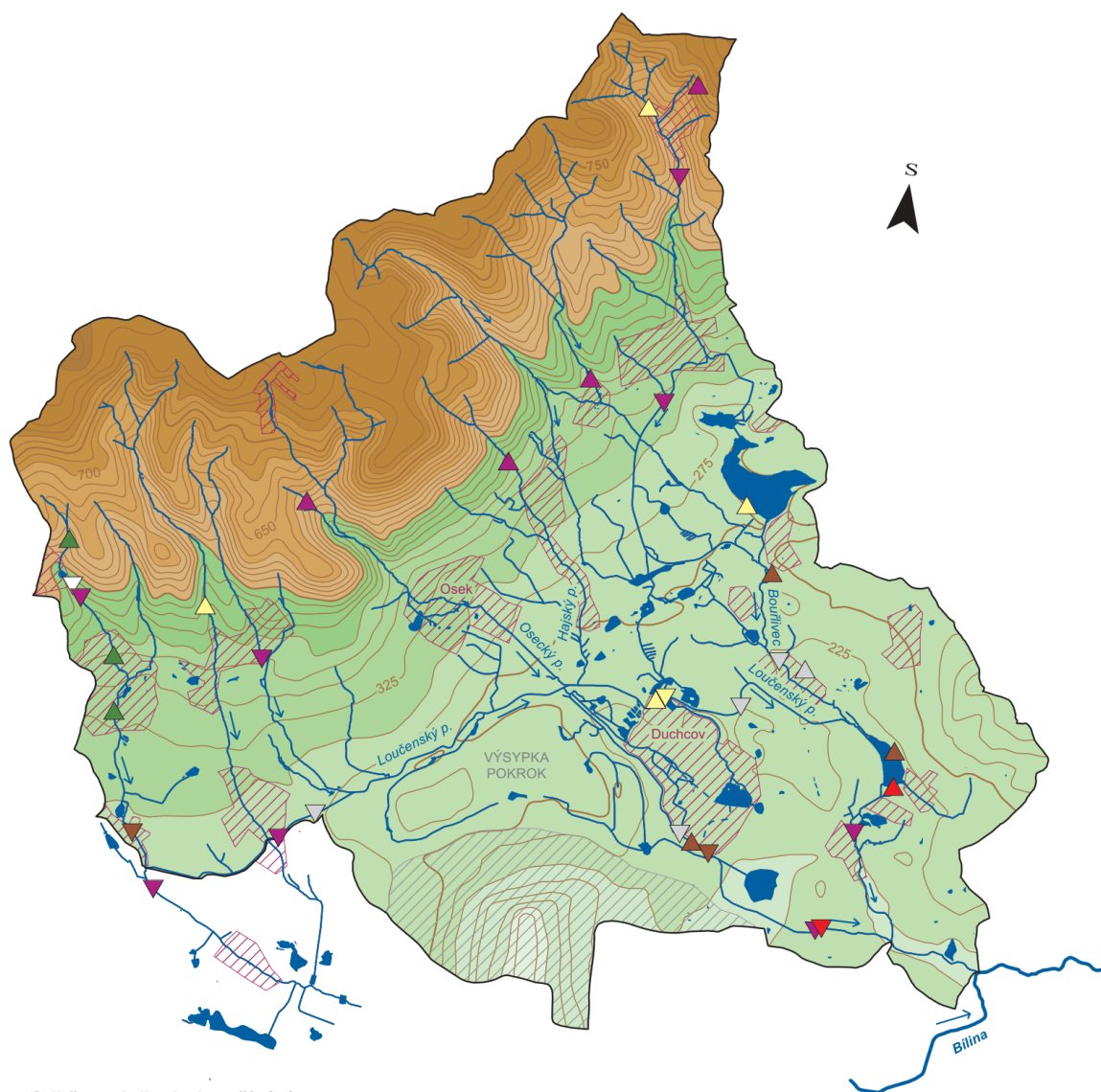
Výsledky podélného profilování je vhodné porovnat s průměrnými průtoky a specifickými odtoky, které byly vypočteny na základě dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře. Tyto data jsou však dostupné pouze pro limnigrafy Lahošť a Duchcov. Průměrná hodnota specifického odtoku na limnigrafu Duchcov za celé sledované období má hodnotu $8,34 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. V roce 2020 měl dle dostupných dat průměrný specifický odtok na tomto limnigrafu hodnotu $3,99 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (viz tabulka č. 3). Jedná se o nejnižší hodnotu průměrného specifického

odtoku z celé řady pozorování. Tomu nasvědčují i výsledky hodnocení hydrologického sucha v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v roce 2020 (viz kapitola 6), ze kterých vyplývá, že hydrologické rok 2020 byl dle většiny parametrů nejsušším rokem z celé řady pozorování. Průměrný průtok na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce z období hydrologických let 2006 až 2020 má hodnotu 431 l/s. V roce 2020 měl průtok průměrnou hodnotu pouhých 207 l/s. Při podélném profilování průtoků byl na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce v roce 2020 naměřen nejvyšší specifický odtok 27. května a měl hodnotu pouhých $0,81 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$, což odpovídá průtoku 42 l/s. Tato hodnota je pro tento profil silně podprůměrná jak v rámci roku 2020, tak v rámci celé řady pozorování od hydrologického roku 2006. Nejnižší naměřený specifický odtok v rámci terénního měření měl na limnigrafu Duchcov hodnotu $0,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ (7,2 l/s). V roce 2021 v rámci dubnového podélného měření průtoků byl pak naměřen na limnigrafu Duchcov specifický odtok $5,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$, který odpovídá 259 l/s. Přestože se jedná o jednoznačně vyšší specifický odtok (a průtok) než jaký byl naměřen 27. května, jeho hodnota je stále silně podprůměrná v rámci celého sledovaného období 2006 až 2020.

Průměrná hodnota specifického odtoku na Bouřlivci na limnigrafu Lahošť za celé sledované období dle dat poskytnutých od podniku Povodí Ohře má hodnotu $8,92 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$. V roce 2020 měl dle dostupných dat průměrný specifický odtok na limnigrafu Lahošť hodnotu $5,36 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ (viz tabulka č. 4). Jedná se opět o nejnižší hodnotu z celé řady pozorování. Průměrný průtok na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci z období 2006 až 2020 má hodnotu 297 l/s a v roce 2020 měl zde průtok průměrnou hodnotu pouhých 176 l/s. Při podélném profilování průtoků na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci v roce 2020 měl nejvyšší naměřený specifický odtok hodnotu $2,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$, což odpovídá průtoku 72 l/s. I tato hodnota je silně podprůměrná jak v rámci roku 2020, tak v rámci celé řady pozorování. V roce 2021 v rámci dubnového podélného profilování průtoků byla naměřena hodnota specifického odtoku $12,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$, což odpovídá průtoku 419 l/s. Tyto hodnoty jsou již vyšší než průměrné hodnoty vypočtené z dostupných dat. Nejnižší naměřený specifický odtok na limnigrafu Lahošť v rámci terénního měření měl hodnotu $0,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ a odpovídá 3,8 l/s. V práci byly také průtoky na limnigrafech Duchcov a Lahošť porovnávány s prahovými hodnotami. U podélného profilování průtoků z května, července i září pak byly zaznamenány hodnoty průtoku nižší než Q_{364d} .

8 Odběry a dotace vod v zájmovém povodí

Pro ujasnění hydrologické situace v povodí je nutné do analýzy zařadit také odběry a dotace vod. V povodí Loučenského potoka a Bouřlivce je navíc takových převodů vody poměrně mnoho, a to především vlivem výrazného antropogenního ovlivnění povodí. V této kapitole budou podrobně popsány odběry a dotace vod v povodí především dle databáze HEIS. V závěru budou také zmíněny převody vody, které nejsou zaznamenány v této databázi (a nelze je tedy kvantifikovat), ale značně ovlivňují hydrologickou situaci v povodí. Na obrázku č. 69 je znázorněna mapa odběrů a dotací dle druhu užívání v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce.



Odběr vod dle druhu užívání

- ▲ čerpání podzemních a důlních vod
- ▲ energetika
- ▲ komunální
- ▲ průmysl (bez energetiky)
- ▲ rekreace
- ▲ zemědělství

Dotace vod dle druhu užívání

- ▼ energetika
- ▼ komunální
- ▼ průmysl (bez energetiky)
- ▼ nadvýroba z v. d. Fláje
- ▼ rekreace
- ▼ vypouštění důlních a podzemních vod

- tok
- tok II. řádu
- podzemní kanál
- vrstevnice po 25 m
- vrstevnice po 250 m
- hranice povodí

— vodní plocha

— lom

— sídlo

0 2 km

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 m n. m.

Obrázek č. 69: Mapa odběrů a dotací dle druhu užívání v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze ArcČR, databáze DIBAVOD a databáze HEIS)

8.1 Odběry povrchových i podzemních vod v zájmovém povodí

Povrchová a podzemní voda jsou všeobecně přístupnou surovinou, která není předmětem vlastnictví, a to do okamžiku, než je odebrána. Právě okamžik odebrání vody z jejího přirozeného prostředí z daného subjektu dělá jejího vlastníka, což s sebou přináší jisté povinnosti. Pravidla nakládání s vodami upravuje zákon č. 254/2001 Sb. (tzv. vodní zákon). Povolení nutné pro zákonné odebírání vod následně vydává příslušný vodoprávní úřad, který tak rozhodne za pomoci vodohospodářské bilance pro danou oblast povodí (Fousová, Reidiger a kol. 2017).

Rozlišuje se nakládání s vodami obecné a zvláštní. Za obecné nakládání s vodami se považuje odebírání povrchových vod pro vlastní potřebu, a to za předpokladu, že k odebírání vody nedochází za pomoci technického zařízení. V takovém případě není potřeba žádat vodoprávní úřad o povolení k odběru povrchových vod. Pokud je k odběru využíváno technické zařízení, množství odebírané vody přesahuje vlastní potřebu, nebo je voda využívána k akumulaci, chovu ryb, případně k jiným zvláštním účelům, je vždy zapotřebí zažádat vodoprávní úřad o povolení k odběru vod. Za zvláštní odběr je rovněž považováno nakládání s podzemními vodami, a i v tomto případě je vždy vyžadováno povolení, případně předchozí vyjádření vodoprávního úřadu (§ 6 a § 8 Zákona o vodách č. 254/2001 Sb., dále jen vodní zákon).

Odběr povrchové a podzemní vody přesahující množství 6 000 m³ ročně nebo 500 m³ měsíčně je monitorován a zpoplatněn (§ 101 vodního zákona). Úhrada dané částky náleží správě vodních toků a správě povodí, která určuje zároveň výši poplatku. Dle Slavíkové a Petružely (2015) je regulace odběrů primárně administrativním nástrojem, zpoplatnění odebírané vody hraje pouze sekundární roli a má především fiskální význam. Povolení k odběru vod ani požadované množství vody nelze nárokovat. Vždy záleží na množství vody, uvedené ve vodohospodářské bilanci daného povodí, které je pro odběr vymezeno. Pokud dojde k naplnění limitů pro odběr daný vodohospodářskou bilancí, není vodoprávní úřad povinen vydat povolení k novému odběru. Zejména v období sucha může dojít ze strany vodoprávních úřadů k dočasnému omezení povolených odběrů pro zachování minimálních zůstatkových průtoků v toku (§ 12 vodního zákona). Slavíková a Petružela (2015) dále upozorňují na vznik formálního tlaku na dostupnost vodních zdrojů i za reálně nízkých odběrů vody. Podle autorů k tomuto stavu dochází na základě snahy odběratelů získat vyšší povolený objem odběru, než ve skutečnosti potřebují. K tomuto kroku je vede především povinnost platby až na základě skutečného odběru, nikoliv na základě odběru povoleného. Odběratelé tím navíc získávají

pojistku pro případ, že by jejich odběr vod překročil povolené množství (např. z provozních důvodů) a byl by tak jako nepovolený odběr sankcionován. Nedočerpání povoleného množství autoři označují za běžný a dominantní jev u většiny odběratelů. Tento jev se také ve většině případech vyskytoval i v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Z tohoto důvodu autoři dále diskutují možné řešení v podobě zavedení zpoplatnění povoleného množství povrchových vod, přesněji rozdělení stávajícího poplatku na dvě části, a to na platbu za povolené odebrané množství vody (nově) a platbu za reálně odebrané množství vody (§ 101 vodního zákona). Na základě tohoto nástroje by tak vyšší náklady za odběr vody vznikly odběratelům, kteří by nedočerpali „rezervované“ povolené množství pro odběr, což by následně pomohlo snížit rozdíl mezi povoleným a skutečně odebraným množstvím vody.

V povodí Loučenského potoka a Bouřlivce se nachází celá řada malých i velkých odběratelů povrchové a podzemní vody. Informace o odběrech vody nad 6 000 m³ za rok nebo 500 m³ za měsíc jsou volně k dispozici v databázi Hydroekologického informačního systému VÚV TGM (HEIS) a ve Vodohospodářské bilanci státního podniku Povodí Ohře. Většina odběratelů disponuje povolením k odběru určitého objemu vody. Terénním měřením bylo zjištěno, že v povodí vodního díla Všechny je však mnoho malých odběratelů, u kterých je množství vody odebrané z toků prakticky neměřitelné a těžko prokazatelné, nikoliv však v celkové sumě odebrané vody (vzhledem k období 2020/2021, kdy byl prováděn terénní výzkum a vody bylo v korytech k dispozici velmi málo) zanedbatelné. K centrálně neevidovaným odběratelům můžeme zařadit odběry provozované zahrádkářskými a chatařskými koloniemi a samozřejmě i jednotlivými obyvateli, kteří mají nemovitost v blízkosti toku pro zalévání zahrad či čerpání vody do bazénů či malých rybníků. Význam těchto odběrů v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce potvrdilo podélné profilování průtoků. Na hlavních zdrojnicích bylo vždy záměrně měření průtoků prováděno nad sídly a poté pod sídly před soutokem s Bouřlivcem či Loučenským potokem. Téměř pokaždé zde bylo v letním období zaznamenáno významné snížení průtoků pod sídlem (někde dokonce do hlavních toků nedotékala žádná voda), které bylo s největší pravděpodobností způsobeno právě malými odběrateli. Značné odběry jsou poté zaznamenány také do rybníků a rybníčních soustav.

V následujících dvou kapitolách budou uvedeny odběry povrchových i podzemních vod v povodí Loučenského potoka a následně v povodí Bouřlivce dle databáze HEIS. Přestože je zde využíván pojem „odběr“, je nutné si uvědomit, že přestože dochází formálně k odběru vody z toku či podzemních vod, často se voda ve formě vypouštění vrací zpět do povodí, v některých případech ale až pod VD Všechny.

8.1.1 Odběry povrchových i podzemních vod v povodí Loučenského potoka

Prvním zaznamenaným odběratelem na Loučenském potoce v databázi HEIS jsou Zahrádky Meziboří, které využívají povrchovou vodu Poustevnického potoka pro účely zavlažování. Zahrádkáři v této oblasti čerpali v roce 2019 celkem 10 870 m³ vody s průměrnou vydatností 0,3 l/s. Dle očekávání byla voda čerpána především v letním období. Z povrchových vod Poustevnického potoka čerpají vodu také zahrádkáři z obce Litvínov. Tito zahrádkáři odčerpali za účelem závlah v roce 2019 celkem 18 167 m³ vody s průměrným odebraným množstvím 0,6 l/s. Odběry vody opět probíhaly především v letním období. K dalšímu odběru povrchových vod, opět za účelem zemědělské činnosti, dochází v obci Litvínov na Radčickém potoce po soutoku s Poustevnickým potokem. V roce 2019 zde bylo odebráno 1 700 m³ vody s průměrným odebraným množstvím 0,1 l/s. Povolení pro tento odběr dle databáze HEIS platí pouze do konce roku 2021. Jako v předchozích případech probíhalo zavlažování především v letním období. Zajímavostí je, že dle databáze HEIS v letech 2017 a 2018 v této oblasti nedocházelo k žádným odběrům. Dalším zaznamenaným odběrem z povrchových vod je odběr z Lomského potoka. Areál SPORTas Litvínov zde odebírá vodu pro provoz koupaliště. V roce 2019 odběr probíhal od dubna do září v celkové výši 26 000 m³ vody. Na Oseckém potoce poté docházelo k odběru podzemní vody ke komunálním účelům společností SčVK. Tato společnost vodu shromažďuje, upravuje a rozvádí pro lidskou potřebu. V tomto případě se jednalo konkrétně o SčVK Hrad Osek. V roce 2019 zde bylo odebráno 4 873 m³ vody s průměrnou vydatností 0,2 l/s. Pokud se takto odebraná voda nepoužije pro zalévání apod., pravděpodobně se vrátí ve formě odpadních vod pod vodní nádrž Všechlapy v obci Želénky (Weiss 2018). Dále v povodí Loučenského potoka na zbytkovém korytě Oseckého potoka odebírá povrchovou vodu společnost VITRABLOK, zabývající se výrobou a zpracováním skla. Množství odebraných vod v roce 2019 bylo 31 357 m³ o průměrném odebraném množství 1 l/s. Čerpaná voda je následně vypouštěna zpět do zbytkového koryta Oseckého potoka. Ještě v roce 2018 v těchto místech probíhal další odběr povrchových vod pro společnost VITRABLOK. V roce 2018 došlo k odběru 6 072 m³ s průměrným množstvím odebraných vod 0,2 l/s. Přestože je status tohoto odběru historický, povolení má platnost až do 30. září 2022. Zbytkovým korytem Oseckého potoka však dochází k výrazně vyššímu odtoku (v rámci terénního šetření bylo naměřeno 10 až 18,5 l/s, ale není zde žádné měřicí zařízení, zato voda odtéká kontinuálně), ze kterého jsou pak odebírány relativně malá množství. Přebytná nevyužitá voda se pak vrací zpět do koryta až pod VD Všechlapy. Podobně je tomu tak i u odběru vody rybáři pro místní sádky na severu obce Duchcov, kteří odebírají kontinuálně poměrně velké množství vody, které

se vrací zpět do koryta také až pod VD Všechny. Na Hajském potoce poté dochází k druhému odběru podzemní vody ke komunálním účelům společností SČVK, konkrétně SČVK Osek-Dlouhá Louka. V roce 2019 zde byl dle databáze HEIS zaznamenán odběr 89 289 m³ vody s průměrným množstvím odebraných vod 2,8 l/s. I v tomto případě se však voda pravděpodobně vrátí ve formě odpadních vod pod vodní nádrží Všechny v obci Želénky (Weiss 2018). Posledním odběrovým místem na Loučenském potoce je odběr podzemní vody městem Duchcov, které čerpá vodu z Obřího pramene pro napouštění místního koupaliště. V roce 2019 odběr probíhal od května do srpna v celkové výši 13 122 m³ o průměrném množství odebraných vod 0,4 l/s. Koupaliště se vždy připravuje několik měsíců dopředu. Nejdříve se napustí plný bazén, což je přibližně 2 500 m³ vody, a poté se postupně dopouští. V roce 2020 vlivem vládních opatření proti šíření onemocnění COVID-19 nedocházelo k žádnému čerpání vody. Povolení pro čerpání podzemních vod má dle databáze HEIS platnost pouze do 30. dubna 2020. Výše popsané odběry vody z databáze HEIS v povodí Loučenského potoka jsou zaznamenány v tabulce č. 12. V ní jsou zaznamenána množství odebraných vod za roky 2015 až 2019 a také informace o odběratelích a zdroji vody (zda se jedná o podzemní či povrchový zdroj vody). Všechny tyto odběry jsou také zaznamenány na obrázku č. 69.

Tabulka č. 12: Odběry vody dle databáze HEIS v povodí Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat databáze HEIS)

	název objektu	množství odebraných vod [m ³ /rok]					povrchový/podzemní zdroj vody
		2019	2018	2017	2016	2015	
1	Zahrádky Meziboří	10 870	0	5 900	5 244	3 100	povrchový
2	Zahrádkáři Litvínov	18 167	27 813	15 813	13 160	20 858	povrchový
3	Technické služby Litvínov	1 700	2 220	3 060	1 924	2 586	povrchový
4	SPORTas Litvínov	26 000	29 000	26 000	30 000	29 000	povrchový
5	SČVK Hrad Osek	4 873	6 170	2 550	1 700	16 978	podzemní
6	VITRABLOK	31 357	30 900	34 537	42 296	53 634	povrchový
7	SČVK Osek – Dlouhá Louka	89 258	73 691	61 253	75 394	79 546	podzemní
8	koupaliště Duchcov – ČS Obří pramen	13 122	12 538	12 047	4 544	7 484	podzemní

8.1.2 Odběry povrchových i podzemních vod v povodí Bouřlivce

Prvním zaznamenaným odběratelem povrchové vody na Bouřlivci je dle databáze HEIS Sport centrum Bouřňák, který využívá vodu pro zasněžování. Odběry vody probíhají z malé vodní nádrže v obci Mikulov. Přítoky a odtoky z této vodní nádrže byly sledovány v rámci terénního měření a jsou detailněji popsány v kapitole č. 7. V roce 2019 docházelo z této nádrže k čerpání

6 890 m³ vody s průměrným množstvím odebraných vod 0,2 l/s. Čerpání vzhledem k jeho účelu probíhalo v roce 2019 pouze od prosince do února. Nedaleko Mikulova dochází také k odběru podzemní vody pro komunální účely. V roce 2019 došlo k odebrání 11 011 m³ vody s průměrným množstvím odebraných vod 0,3 l/s. Takto odčerpaná voda se však pravděpodobně vrátí do povodí ve formě odpadních vod pod obcí Mikulov. Na Křižanovském potoce poté dochází k odběru podzemní vody ke komunálním účelům společností SčVK Hrob – Křižanov. V roce 2019 odběr probíhal pouze v měsících červen, červenec a prosinec v celkové výši 3 026 m³ s průměrným množstvím odebraných vod 0,1 l/s. V roce 2016 bylo například odebráno několikanásobně větší množství vody, konkrétně 20 255 m³ s průměrným množstvím odebraných vod 0,6 l/s. I v tomto případě se odčerpaná voda pravděpodobně vrátí do povodí ve formě odpadních vod, tentokrát ale již pod vodní nádrž Všechlapy v obci Želénky (Weiss 2018). Další odběr probíhá z povrchových vod jezera Barbora pro potřeby místního golfového hřiště. V roce 2019 bylo množství odebraných vod 9 686 m³ s průměrným množstvím odebraných vod 0,3 l/s. Čerpání vody probíhalo v roce 2019 pouze v měsících od dubna do října. Z Kamenitého rybníka poté dochází k odběru povrchových vod společností AGC Flat Glass Czech. pro potřeby výroby a zpracování skla. V roce 2019 bylo množství odebraných vod 2 000 m³ vody s průměrným množstvím odebraných vod 0,1 l/s. V roce 2018 ale například došlo k odebrání 113 290 m³ s průměrným množstvím odebraných vod 3,6 l/s. Posledním odběrovým místem podzemních vod před vodní nádrží Všechlapy je Obří pramen, který čerpá PKÚ v obci Lahošť. V roce 2019 docházelo k odběru 410 095 m³ s průměrným množstvím odebraných vod 13 l/s. V roce 2016 dokonce docházelo k odběru 1 257 174 m³ vody s průměrným odběrem 39,8 l/s. Průměrné odebrané množství z let 2013–2020 má hodnotu 878 065 m³/rok. Takto odebraná podzemní voda je však přečerpána do toku Bouřlivce a jde tedy spíše o převod vody z podzemí do povrchových vod. Z povrchových vod vodní nádrže Všechlapy poté odebírají vodu společnosti AGC Flat Glass Czech a ČEZ Ledvice. Společnost AGC Flat Glass Czech pro výrobu skla a skleněných výrobků odebírala v roce 2019 12 213 m³ vody s průměrným množstvím odebraných vod 0,4 l/s. Tento zdroj vody je pro společnost AGC Flat Glass Czech pouze náhradní. Společnost ČEZ Ledvice v roce 2019 odebrala z povrchových vod vodní nádrže Všechlapy 540 700 m³ vody s průměrným množstvím odebraných vod 17,1 l/s. Jednalo se 8 394 hodin odběrů, což je téměř 350 dní. Výše popsané odběry vody z databáze HEIS v povodí Bouřlivce jsou zaznamenány v tabulce č. 13. V ní jsou zaznamenána množství odebraných vod za roky 2015 až 2019 a také informace o odběratelích a zdroji vody (zda se jedná o podzemní či povrchový zdroj vody). Všechny tyto odběry jsou také zaznamenány na obrázku č. 69.

Tabulka č. 13: Odběry vody dle databáze HEIS v povodí Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat databáze HEIS)

	název objektu	množství odebraných vod [m ³ /rok]					povrchový/podzemní zdroj vody
		2019	2018	2017	2016	2015	
1	Sport centrum Bouřňák	6 890	6 160	5 600	5 600	9 155	povrchový
2	obec Mikulov prameniště 1 a 2	11 011	12 541	12 994	11 109	11 728	podzemní
3	SčVK Hrob – Křižanov	3 026	4 027	16 222	20 255	9 237	podzemní
4	Golf Barbora	9 686	9 119	10 097	7 566	6 067	povrchový
5	AGC Flat Glass Czech a.s.	2 000	113 290	26 650	0	3 254	povrchový
6	PKÚ – Obří pramen	410 095	303 000	900 843	1 257 174	1 108 043	podzemní
7	AGC Flat Glass Czech a.s.	12 213	15 092	10 858	10 778	9 807	povrchový
8	ČEZ Ledvice	540 700	270 000	456 900	393 600	396 800	povrchový

8.2 Dotace povrchových vod

K dotaci povrchových vod neboli vypouštění do povrchových vod dochází v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce poměrně hojně. Jedná se především o různé přečerpávání vody nebo o odvádění odpadních a srážkových vod. Odpadní vody jsou formálně definovány jako vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, které mají pozměněnou jakost (tedy složení nebo teplotu) nebo mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod, do nichž odtékají. Jsou to také vody důlní či průsaky ze skládek odpadu. Tyto odpadní vody jsou pak odváděny do toků pomocí kanalizace. Dle definice se jedná o provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních a srážkových vod, kanalizační objekty, včetně čistíren odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace. Kanalizace především zajišťují, aby bylo zabezpečeno odvádění odpadních vod od odběratelů a aby nebylo negativně ovlivňováno životní prostředí. Existuje kanalizace jednotná a oddílná.

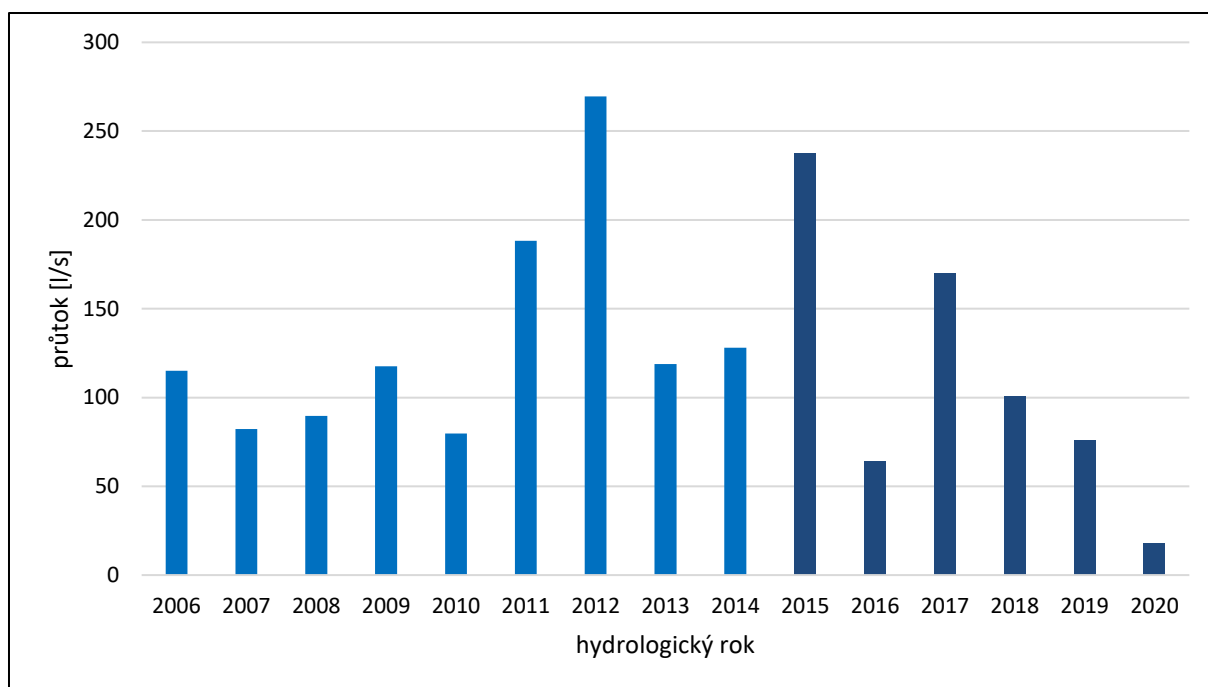
Dle vodního zákona má každý, kdo vypouští odpadní vody do povrchových nebo podpovrchových vod, povinnost měřit jejich objem, míru znečištění a zajišťovat jejich zneškodňování nejlepšími možnými technologiemi. Za vypouštění takových vod jsou také účtovány poplatky. O nakládání s odpadními vodami musí být informován mj. i příslušný vodoprávní úřad, kterým jsou obecní úřady, újezdní úřady, obecní úřady s rozšířenou působností, krajské úřady a ministerstva.

Pro podrobný popis dotací povrchových vod v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce byla stejně jako u odběrů vody využita především databáze HEIS. Grafické znázornění dotací vody do povodí dle druhu užívání je pak znázorněno na obrázku č. 69.

8.2.1 Dotace povrchových vod v povodí Loučenského potoka

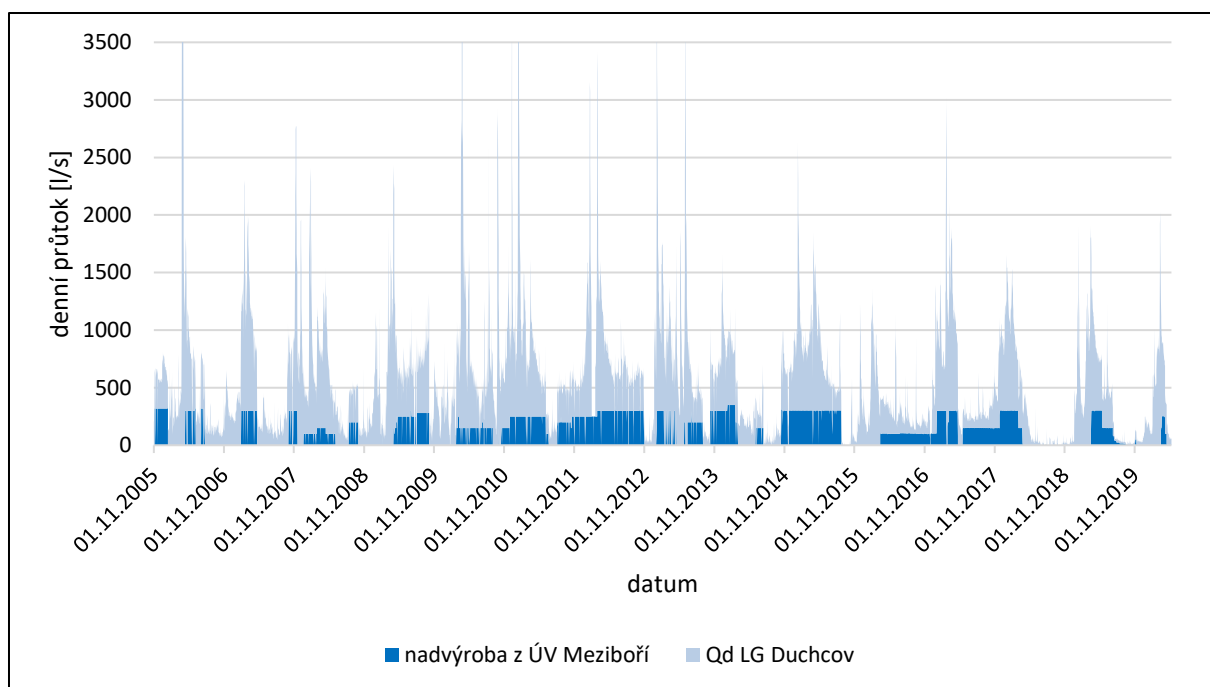
První zaznamenaná oblast vypouštění vody do povodí Loučenského potoka se dle databáze HEIS nachází u úpravny vody (dále ÚV) v Meziboří. Jedná se o převod vody z nadvýroby z vodního díla Fláje. V roce 2019 zde došlo k výrazné dotaci 2 435 358 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 77,2 l/s (data dostupná z HEIS). Tato přebytečná voda z vodního díla Fláje se přečerpává do ÚV v Meziboří a odtud je distribuována do blízkých obcí. Přebytek vody z ÚV v Meziboří je poté vypouštěn do Poustevnického potoka.

Tento odtok z ÚV v Meziboří je během roku nepravidelný a odvíjí se od velikosti přebytku vody v úpravném procesu. Pro tuto práci byly od podniku Povodí Ohře poskytnuty informace o odtoku z nadvýroby z ÚV v Meziboří. Do října roku 2014 byly hodnoty odtoku stanoveny vždy k 7. hodině ranní a od října roku 2014 jsou již dostupné průměrné denní hodnoty odtoku. V letech 2006 až 2020 byl naměřen průměrný odtok z úpravny 124 l/s. Maximální odtok byl zaznamenán dne 13. 1. 2006 o velikosti 500 l/s. Většina naměřených hodnot nepřekračuje odtok o velikosti 300 l/s. Nejvyšší průměrný roční odtok byl za období 2006 až 2014 zaznamenán v roce 2012 ve výši 270 l/s. Naopak nejnižší průměrný roční odtok za období 2006 až 2014 zaznamenal rok 2010 s hodnotou 80 l/s. V letech 2015 až 2020 byl zaznamenán nejvyšší průměrný roční odtok v roce 2015 (240 l/s) a nejnižší průměrný roční odtok v roce 2020, a to pouze 20 l/s. Průměrné roční odtoky z ÚV v Meziboří jsou zaznamenány na obrázku č. 70.



Obrázek č. 70: Nadvýroba z ÚV v Meziboří – průměrné roční průtoky za hydrologické roky 2006 až 2020 (zdroj: vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Průměrný denní odtok z nadvýroby z ÚV v Meziboří a jeho vliv na průtok na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce je zobrazen na obrázku č. 71. Předpoklad, že veškerá voda z nadvýroby bude zaznamenána na limnigrafu v Duchcově je ovšem mylný, jelikož na Loučenském potoce dochází k mnoha odběrům a odtokům vody. Je však možné si povšimnout zvýšeného průtoku v období, kdy dochází k odtoku z ÚV v Meziboří, a naopak poklesu průtoku v období, kdy k nadlepšení průtoku v podobě nadvýroby nedochází. Na obrázku č. 71 je také viditelná určitá sezónnost dotace, kdy minimální množství se nachází v letních měsících. K odtoku z důvodu nadvýroby došlo i během prozatím nejsuššího roku 2020, ale hodnoty odtoku se držely po většinu roku na velmi nízké úrovni. Průměrný denní odtok z ÚV v Meziboří byl v roce 2020 stanoven na 20 l/s.



Obrázek č. 71: Nadvýroba z ÚV v Meziboří v denním sledu a její vliv na průtok na limnigrafu Duchcov za hydrologické roky 2006 až 2020 (vlastní zpracování dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře)

Dalším velmi významným zdrojem vypouštění vod na Loučenském potoce je společnost SčVK. Dochází zde k celkem pěti dotacím vody touto společností – konkrétně SčVK Meziboří ÚV, SčVK Louka u Litvínova, SčVK Lom u Mostu, SčVK Loučná u Mostu a SčVK Ledvice. Vždy se jedná o odpadní vody, které byly využívány ke komunálním účelům. K první dotaci touto společností v povodí Loučenského potoka došlo na Poustevnickém potoce několik set metrů pod vodní nádrží Meziboří. Společnost SčVK Meziboří ÚV zde v roce 2019 dotovala tok 532 448 m³ vody o průměrném vypouštění vod 16,9 l/s. Původním zdrojem této vody je pravděpodobně ÚV v Meziboří. Tento odběr (přestože je pravděpodobně významný) však nebyl zaznamenán v databázi HEIS, a proto není možné jej kvantifikovat. Dalším zdrojem vypouštění vod je společnost Greiner Packaging Litvínov, která se zabývá výrobou plastových výrobků. K vypouštění vod dochází na Radčickém potoce v obci Litvínov u Plutovského rybníka. V roce 2019 došlo k vypuštění 11 000 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 0,3 l/s. Původní zdroj této vody není znám. K dalšímu vypouštění do povrchových vod dochází na zbytkovém korytě Radčického potoka. Jak je napsáno výše, v těchto místech probíhá pouze hygienický proplach pro obec Mariánské Radčice. Vypouštění zajišťuje společnost SčVK Louka u Litvínova, která v roce 2019 vypustila 23 998 m³ odpadní vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 0,8 l/s. Původním zdrojem této vody je také pravděpodobně ÚV v Meziboří, přestože odběr vody není HEIS zaznamenán. Poblíž obce Mariánské Radčické poté bylo do roku 2018 povoleno také vypouštění pro SčVK Mariánské

Radčice. Na přeložce Radčického potoka poté po přítoku z Lomského potoka dochází k dotaci toku společností SčVK Lom u Mostu. V roce 2019 zde bylo vypuštěno 253 476 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 8 l/s. Povolení je dle databáze HEIS platné pouze do konce roku 2022. Původním zdrojem vody tohoto vypouštění je ÚV Meziboří (Severočeské vodovody a kanalizace a.s. – závod Most 2004).

Poté dochází k významné dotaci toku přečerpáváním vody z nádrže Libkovice II do přeložky Radčického potoka. Vodní nádrž Libkovice II je dotována vodou z hygienického proplachu pro obec Mariánské Radčice a také důlní vodou, která se do této nádrže přečerpává či přitéká z okolí. V roce 2019 zde bylo do přeložky Radčického potoka přečerpáno 587 000 m³ s průměrným množstvím vypouštěných vod 18,6 l/s. Od roku 2021 je předpokládán nárůst o přibližně 1,2 milionu m³ vod z důvodu vypouštění důlních vod z čerpací jámy MR1 (stařinové vody z dolu Kohinoor). K dalšímu vypouštění vody dochází na Loučenském potoce v obci Loučná společností SčVK Loučná u Mostu. V roce 2019 zde bylo vypouštěno 86 703 m³ vody s průměrným množstvím vypouštění 2,7 l/s. Původním zdrojem této vody je ÚV v Meziboří (Severočeské vodovody a kanalizace a.s. – závod Most, 2004). Další oblast, kde dochází k vypouštění vody, se nachází v jižní části obce Duchcov na zbytkovém korytě Oseckého potoka. Zde dochází k dotaci především důlní vodou z odvodňovacího příkopu 2400. V roce 2019 došlo k vypuštění 390 000 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 12,4 l/s. Na zbytkovém korytě Oseckého potoka poté dochází také k zpětnému čerpání vod do toku společností VITRABLOK, která v těchto místech z povrchových vod zbytkového koryta Oseckého potoka vodu čerpá pro potřeby výroby a zpracování skla. V roce 2019 zde bylo vypouštěno 32 849 m³ vody s průměrným množstvím 1 l/s. Povolení pro vypouštění vod v těchto místech měla společnost VITRABLOK dle databáze HEIS pouze do konce roku 2019. K dalším dvěma vypouštěním do povrchových vod dochází na Ledvickém potoce, který ústí do Bouřlivce pod vodní nádrží Všechlapy. První zajišťuje společnost SčVK Ledvice, která v roce 2019 vypustila do toku 22 459 m³ vody o průměrném množství vypouštěných vod 0,7 l/s. Druhým zdrojem dotací vody na Ledvickém potoce je společnost ČEZ Ledvice, které vodu využívala pro výrobu elektřiny. V roce 2019 zde bylo vypuštěno 2 156 507 m³ vody a průměrné množství vypouštěných vod bylo 68,3 l/s. Rozložení v rámci roku však nebylo rovnoměrné. Největší množství bylo pravděpodobně vypuštěno v jarním období a nejmenší pak v létě. Na Loučenském potoce u rybníka Vinduška poté docházelo k vypouštění vody z koupaliště v obci Duchcov. V roce 2019 došlo k vypuštění 13 122 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 0,4 l/s. Jedná se o stejné množství vody, jako bylo pro provoz koupaliště z Obřího pramene odebráno. Posledním zdrojem dotace vody na Loučenském potoce jsou Doly

Bílina, které pomocí ČS Křinec v roce 2019 vypustily do toku 148 634 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 4,7 l/s. Důvodem čerpání vody je udržení hladiny v bezodtokém prostoru. Výše popsané dotace vody z databáze HEIS na Loučenském potoce jsou zaznamenány v tabulce č. 14. V ní jsou zaznamenána množství vypuštěných vod za roky 2015 až 2019. Všechny tyto dotace jsou také zaznamenány na obrázku č. 69.

Tabulka č. 14: Dotace vody dle databáze HEIS v povodí Loučenského potoka (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze HEIS)

	název objektu	množství vypuštěných vod [m ³ /rok]				
		2019	2018	2017	2016	2015
1	nadvýroba z vodního díla Fláje	2 435 358	1 935 344	6 099 061	2 530 261	6 069 131
2	SčVK Meziboří ÚV	532 448	621 712	353 185	340 849	190 887
3	Greiner Packaging Litvínov	11 000	11 510	11 496	11 500	11 867
4	SčVK Louka u Litvínova	23 998	0	0	0	0
5	Doly Bílina – retence Libkovice II	587 010	526 000	1 135 175	1 217 682	1 890 520
6	SčVK Lom u Mostu	253 476	188 015	251 625	244 294	252 442
7	SčVK Loučná u Mostu	86 703	61 805	84 556	75 650	76 270
8	přikop 2400 – důlní vody	390 000	369 000	697 000	753 000	492 000
9	VITRABLOK	32 849	31 211	34 101	46 128	57 275
10	SčVK Ledvice	22 459	20 721	20 649	18 726	8 126
11	ČEZ Ledvice	2 156 507	2 796 257	4 741 108	5 263 699	5 069 291
12	koupaliště Duchcov	13 122	12 538	12 047	4 544	7 484
13	ČS Křinec	148 634	118 000	180 648	157 278	169 088

8.2.2 Dotace povrchových vod v povodí Bouřlivce

V povodí Bouřlivce dochází pouze k malému množství dotací vody. Nedaleko obce Mikulov dochází k vypouštění vody z ČOV. V roce 2019 bylo vypuštěno 9 640 m³ vody s průměrným množstvím vypuštěných vod 0,3 l/s. Tato voda pravděpodobně pochází z odběru podzemních vod nedaleko obce Mikulov. I v povodí Bouřlivce je poměrně významným zdrojem vypouštění vod společnost SčVK. Dochází zde celkem ke dvěma (ze čtyř celkových) dotacím vody touto společností – konkrétně SčVK Hrob a SčVK Želénky. Vždy se jedná o odpadní vody, které byly využívány ke komunálním účelům. K první dotaci touto společností v povodí Bouřlivce došlo na toku pod obcí Hrob. Společnost SčVK Hrob zde v roce 2019 vypouštěla 122 893 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 3,9 l/s.

V obci Lahošť před soutokem s Loučenským potokem poté dochází k vypouštění podzemní vody čerpáné z Obřího pramene. V roce 2019 došlo k dotaci 410 095 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 13 l/s. Obří pramen je velmi významný zdroj vody,

u kterého by se dalo teoreticky uvažovat o vyšším čerpání vody pro nadlepšování průtoku a zvýšení hladiny ve VD Vsechlapy v období hydrologického sucha. Z praktického hlediska je však tato představa nereálná, jelikož v případě Obřího pramene v Lahošti je hlavním a prakticky nedotknutelným zájmem ochrana termálních minerálních vod v Teplicích (Pravřídlo). Intenzitu čerpání dozoruje Český inspektorát lázní a zřidel. Úroveň hladiny podzemní vody na Obřím prameni je striktně limitována nařízeními tohoto orgánu. Hladina na Obřím prameni dosáhla v posledních letech maximální možné úrovně, protože další vzestup by vedl k zaplavení sklepů a podzemních parkovišť v Teplicích. Nelze očekávat povolení vyššího čerpání z Obřího pramene, protože by to kolidovalo s ochranou termálních vod. V posledních letech bylo také zaznamenáno snížené čerpání vody z Obřího pramene, které mohlo mít velmi výrazný vliv na nízké průtoky Bouřlivce pozorované v posledních letech. Zatímco v letech 2013 až 2017 činilo průměrné čerpané množství z Obřího pramene 30 až 40 l/s, v období let 2018 až 2020 kleslo čerpané množství na 10 až 13 l/s. Protože se čerpá celý rok i v nejsušších obdobích, tak toto snížení drasticky snižuje minimální průtoky na Bouřlivci v obdobích hydrologického sucha. O příčině této ztráty vodnosti Obřího pramene lze zatím jen spekulovat. Je možné, že jde o důsledek sucha, ale pokles průtoku je překvapivě prudký a jednorázový. Čerpání 10 až 13 l/s je nízké i vůči přirozené vydatnosti Obřího pramene. Nelze vyloučit, že příčinou je uvolnění odtoku do jámového dolu Bílina skrze stařiny. Zatímco první možnost by způsobila jen dočasný pokles, druhá možnost by znamenala trvalou ztrátu.

K poslednímu vypouštění v povodí Bouřlivce dochází v obci Želénky pod vodní nádrží Vsechlapy společností SčVK Želénky. Zde v roce 2019 došlo k dotaci 1 763 812 m³ vody s průměrným množstvím vypouštěných vod 55,9 l/s. V těchto místech ústí přes ČOV voda z mnoha okolních obcí, jako je Duchcov, Háj u Duchcova, Jeníkov, Lahošť, Osek, Zabuřany či místní část Teplic Hudcov. Platnost tohoto povolení je pouze do 30. dubna 2020. Výše popsané dotace vody z databáze HEIS na Bouřlivci jsou zaznamenány v tabulce č. 15. V ní jsou zaznamenána množství vypuštěných vod za roky 2015 až 2019. Všechny tyto dotace jsou také zaznamenány na obrázku č. 69.

Tabulka č. 15: Dotace vody dle databáze HEIS v povodí Bouřlivce (zdroj: vlastní zpracování dat z databáze HEIS)

	název objektu	množství vypuštěných vod [m ³ /rok]				
		2019	2018	2017	2016	2015
1	Obec Mikulov – ČOV	9 640	11 260	21 000	36 372	32 708
2	SčVK Hrob	122 893	108 330	142 000	132 764	156 173
3	PKÚ – Obří pramen	410 095	303 000	900 843	1 257 174	1 108 043
4	SčVK Želénky	1 763 812	1 417 510	1 820 250	1 710 590	1 519 201

Dostupná data za rok 2019 po vodní dílo Všechlapy ukazují, že celková dotace do Loučenského potoka byla 4 091 749 m³/rok a Bouřlivec byl dotován 542 628 m³/rok. Odběry na Loučenském potoce po VD Všechlapy měly celkově hodnotu 163 990 m³/rok a na Bouřlivci celkem 467 134 m³/rok. V celkovém součtu za rok 2019 vychází pozitivní bilance na Loučenském potoce i Bouřlivci. Na Loučenském potoce je bilance mezi dotacemi a odběrem vody výrazně vyšší, a to především vlivem vysoké dotace z nadvýroby z vodního díla Fláje. Hodnoty za rok 2020 nebyly v čase zpracovávání diplomové práce k dispozici.

U těchto výsledků je nutné si uvědomit, že vliv odběrů podpovrchových vod na hydrologickou bilanci není jednoznačný. Pokud se voda ze srážek vsákne, dosáhne úrovně podzemní vody a je pak přečerpávána na povrch, je nutné takto odebrané množství vody do hydrologické bilance zařadit. Tato voda by totiž jinak časem otekla ve formě bazálního odtoku. Záleží však na hydrogeologii povodí.

V závěru je potřeba upozornit, že evidované odběry vody nejsou pro ztrátu vody zásadní. Jak bylo zjištěno při terénním měření, najdeme mnoho dalších odběrů vody neevidovaných. Již výše byly zmíněny odběry na zalévání, které dokázaly v suchém létě 2020 „vysušit“ menší vodní toky. Bylo také nalezeno několik malých rybníčků na přilehlých pozemcích, jejichž plocha je však vzhledem k výparu zanedbatelná. Lze se tedy domnívat, že množství, které se odebere, se přepadem vrací. Měření však nebylo možné provést, jelikož se malé rybníčky nacházely na soukromém pozemku. Zásadním problémem pro ztrátu vody v povodí jsou rybníky a rybníční soustavy. Odsud však nejsou k dispozici kontinuální data o odběrech vody. V rámci podélného profilování průtoků zde však byly naměřeny vždy konkrétní hodnoty. Lze zmínit 5 míst, kde dochází k tomuto odběru. Na Bouřlivci se nachází odtok do rybníka u bývalé obce Hajniště, do soustavy rybníka Dub a do Kamenitého rybníka. Na Loučenském potoce je takto část vody odváděna původním korytem Oseckého potoka a do sádek nad obcí Duchcov. U většiny případů se nevrací téměř žádná voda, jelikož je spotřebována na výpar z vodní hladiny z rybníků a také na evapotranspiraci z přilehlých lužních porostů, které svými kořenovými systémy dosahují do úrovně hladiny podzemní vody, která je v okolí vodních ploch nízko pod povrchem. Navíc v okolí rybníků je plochý reliéf.

9 Shrnutí výsledků a návrh pravidel pro odběry vody

Práce je rozčleněna do 12 hlavních kapitol, které se dále dělí na jednotlivé podkapitoly. Stěžejní částí jsou výsledky. V nich je v první řadě analyzováno hydrologické sucho v roce 2020 v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. K tomu byly využity průměrné roční průtoky, počty suchých dní a nedostatkové objemy. Z hodnocení hydrologického sucha vyplývá, že sucho bylo ve vybraném roce v důsledku kumulativních příčin z předchozích let pro většinu využitých parametrů nejvíce výrazné z celé řady pozorování. Pouze z hlediska nedostatkových objemů na limnigrafu Lahošť byl největší chybějící objem zaznamenán v roce 2018. Dále bylo zjištěno, že v letním období, kdy docházelo k podélnému profilování průtoků, bylo zaznamenáno významné období sucha. Při porovnání obou limnigrafů je také zjevné, že výraznější sucho bylo zaznamenáno na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce.

Z dostupných dat bylo také zjištěno, že toky mají rozdílný charakter. Vodnatějším tokem je Loučenský potok, jehož dlouhodobý průměrný průtok je o 134 l/s vyšší než dlouhodobý průměrný průtok Bouřlivce (na limnigrafu Lahošť). Tento tok je tedy pro VD Všechlapy významnější.

Dále bylo provedeno hydrografické mapování a podélné profilování průtoků Loučenského potoka a Bouřlivce, jejichž cílem bylo především zmapovat ztráty vody v povodí, které ovlivňují množství vody ve vodní nádrži Všechlapy. Jako zásadní ztráty vody v povodí se jeví odběry vody pro rybníky, rybníční soustavy a sádky, kde se ukazuje, že dochází ke značným ztrátám vody v celém povodí vlivem výparu z vodní hladiny a evapotranspirace z přilehlých lužních porostů. Dále způsobují významnou ztrátu vody v povodí drobní odběratelé, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Byť se tyto odběry malého množství vody mohou jevit jako zanedbatelné, v jejich součtu v extrémně suchém období zanedbatelné nejsou. K jistým ztrátám vody v povodí dochází také infiltrací. Její množství však lze pouze velmi těžko snížit.

Díličí výsledky podélného profilování byly poté porovnány s průměrnými průtoky a specifickými odtoky, které byly vypočteny na základě dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře (pro limnigrafy Duchcov a Lahošť). Naměřené hodnoty z podélného profilování průtoků v roce 2020 se jeví vždy jako silně podprůměrné hodnoty jak v rámci celého sledovaného období hydrologických let 2006 až 2020, tak v rámci průměrných hodnot vypočtených pro rok 2020.

Pro komplexnější přístup ke ztrátám vody v povodí byly analyzovány evidované odběry a dotace vod v povodí dle databáze HEIS. Dotace povrchových vod jsou značně výraznější na

Loučenském potoce. Hlavní dotace Loučenského potoka pochází z nadvýroby z VD Fláje, z Dolů Bílina a ze SčVK. Hlavními zdroji vody dotované do vodního toku Bouřlivce je Obří pramen v Lahošti. V letech 2015 až 2019 tvořily celkové dotace až přes 60 % vody, která dotekla do VD Vsechlapy. To dokazuje, jak výrazný vliv na množství vody ve VD Vsechlapy mají dotace vody. V nejsušších měsících byl však zaznamenán pokles dotací vody. Odebraná voda v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce je nejčastěji využívána k zavlažování, rekreačním a sportovním účelům, pro potřeby místních skláren a ke komunálním účelům. Připustíme-li, že všechny stávající odběry do provozů jsou potřebné a neplýtvá se s nimi, tak tyto odběry nelze nijak snížit či omezit.

9.1 Návrh pravidel pro odběry vody

V rámci projektu pro podnik Povodí Ohře byl také vypracován návrh pravidel pro odběry vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Tato pravidla pak mohou posloužit podniku Povodí Ohře jako vhodný podklad pro snižování odběrů vody především v období hydrologického sucha. Z výsledků vyplývá, že je potřeba hledat rezervy ve dvou oblastech. Zaprvé v hospodaření na rybnících, kde se ukazuje, že se zde ztrácí značné množství vody v celém povodí a zadruhé v drobných odběratelích, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Přestože dochází i k jiným velmi významným ztrátám vody v povodí, tato voda je využívána a není možné tento odběr snížit.

Co se týká hospodaření na rybnících, je známo, že nejvíce vody potřebují subjekty obhospodařující rybníky na napuštění rybníků po výlovu, které jsou vždy na jaře nebo na podzim. V době terénního měření v období let 2020 a 2021 bylo v těchto obdobích dostatek vody pro napuštění rybníků. Z toho důvodu je možné doporučit v tomto období odběry povolit. Kritickým obdobím je léto, zejména pokud je suché s nedostatkem vody v korytech toků. Hospodaření na rybnících by tedy nejlépe mělo být upraveno tak, aby se rybníky v létě obešly bez přísunu čerstvé vody, popřípadě aby se spokojily s nižším objemem odebírané vody. Bylo by tak potřeba upravit velikost rybí obsádky, krmení a hnojení tak, aby nedocházelo k letním deficitům kyslíku. Lze tedy doporučit buď režim povolení jednorázových odběrů dle potřeby nebo povolit pouze malé množství kontinuálně odebírané vody za dodržení minimálních zůstatkových průtoků. Pro zlepšení kyslíkových poměrů v rybnících by bylo vhodné využít i metody umělé aerace vody v rybnících.

Významný podíl na ztrátách vody v povodí mají i drobní odběratelé, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Tyto odběry byly doloženy i při podélném profilování průtoků, kdy v letním

období na řadě toků došlo k tomu, že malý průtok, který se v toku vyskytoval, se po průtoku sídlem ztratil (respektive byl odebrán). V tomto případě je tedy doporučeno motivovat tyto odběratele k tomu, aby pro svou potřebu využívali například zachycenou dešťovou vodu nebo vodu akumulovanou v dostatečně vodním období.

Se subjekty je také potřeba plánovat odběry vody s ohledem na jejich skutečné potřeby v určitém období roku. Například rybáři potřebují vodu prioritně na jaře a na podzim a lyžařské areály především v zimě. Je potřeba také kontrolovat dodržování nastavených pravidel pro odběr vody. Pokud totiž nelegální odběry nebudou potrestány, budou pokračovat i nadále.

Pokud by bylo v období extrémního hydrologického sucha nutné kvůli udržení vody ve vodní nádrži Všechlapy omezit odběry vody, je doporučeno využít následující pořadí. Jako první by měly být omezeny odběry nestrategické a bez ekonomického významu. Do této skupiny patří především odběry zahrádkáři pro zalévání a napouštění jezírek a bazénů. Další v pořadí omezení odběrů by měly být provozy, kde se nedostatek vody projeví velkou ekonomickou ztrátou, což jsou především sklárny a rybníky. Jako poslední by se měly omezit odběry strategické.

Na základě této práce je také doporučeno nová povolení v rámci povodí Loučenského potoka a Bouřlivce vydávat velmi omezeně, a především důsledně vymáhat dodržování nastavených pravidel.

10 Diskuze

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnocení ztrát vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce a popis možností jejich snížení v období hydrologického sucha. Motivací byla především stabilizace přítoků do vodní nádrže Všechlapy, jejímž hlavním účelem je zajištění minimálního průtoku 10 l/s v Bouřlivci pod hrází. Vodní nádrž Všechlapy také zajišťuje odběry vody pro elektrárnu Ledvice, pro blízkou sklárnu AGC Flat Glass Czech nebo pro malou vodní elektrárnu. Mimo to slouží také ke snížení povodňových průtoků, k rybolovu a rekreačním účelům. Vodní nádrž Všechlapy je totiž v posledních letech ohrožena hydrologickým suchem, které se na našem území nachází. V letních obdobích let 2018 a 2019 musely být dokonce zastaveny odběry vody z nádrže, což mělo za následek nemalé hospodářské škody. To, že je ve VD Všechlapy v posledních letech nedostatečné množství vody dokazuje také to, že podnik Povodí Ohře v důsledku sucha změnil povolení k nakládání s vodami a upravil manipulační řád pro vodní dílo Všechlapy (Nistler 2021).

Povodí Loučenského potoka a Bouřlivce představuje velmi zajímavý a složitý fluvialní systém. Koryta toků jsou totiž v důsledku těžby hnědého uhlí z velké míry uměle vybudována. Právě kvůli tomu se nejedná o často využívané území pro hydrologické analýzy. I přesto lze v dostupné literatuře najít řadu prací, které se zaměřily právě na tuto oblast, či na její část. Například Krivánková (2009) se zabývala vyhodnocením břehových porostů Bouřlivce. Kvůli těžbě hnědého uhlí a významně antropogenně ovlivněnému korytu toku je v zájmovém povodí často analyzována možnost revitalizace, kterou řešily například Semerádová (2015), Santnerová (2019), Brabcová (2016) nebo Vondrová (2012). Podrobný hydromorfologický průzkum jako podklad pro návrh revitalizačních opatření vodních toků v intravilánech vyhotovil Jonáš (2020). Z výsledků terénního monitoringu v této práci vyplývá zesílený antropogenní vliv především na Bouřlivci, ale i na Loučenském potoce. Bouřlivec byl v této práci charakterizován třetí třídou hydromorfologické kvality, která odpovídá středně modifikovanému toku. Na Loučenském potoce se značně modifikované úseky nachází dle výsledků této práce pouze lokálně (Jonáš 2020). Problematikou důlních vod v dole Bílina se zabývali například Šedivá (2014) nebo Schwarz (2015).

Nedostatek vody, se kterým se potýká i vodní nádrž Všechlapy, je čím dál více diskutovaným tématem. Právě nedostatek vody a s ním spojený výskyt hydrologického extrému v podobě sucha v mnohých případech podmiňuje vznik významných přírodních katastrof, které mohou vést k velmi negativním dopadům. Nejen v Česku proto vzniká mnoho prací, které se zabývají právě problematikou sucha. Na Katedře fyzické geografie a geoekologie se

problematikou hydrologického sucha zabýval například Burian (2019), který sledoval hydrologické sucho na povodí Loděnice. Na tuto problematiku poté navázal ve své diplomové práci, kde se zaměřil na hydrologické sucho v kontextu změny klimatu (Burian 2021). Dále se tímto tématem zabývali Maroušková (2016), která se zaměřila na povodí Rakovnického potoka, a Skála (2017), který svůj výzkum zaměřil na pramenné oblasti šumavských toků. Výzkumem hydrologického sucha, konkrétně na Lužnici, se zabýval ve své bakalářské práci také autor této závěrečné práce (Junková 2019). Hydrologickým suchem na Lužnici se dále zabývali například Svoboda (2011), Fialová (2015), Musil (2015) nebo Korejs (2018). Významné výsledky v oblasti sucha v Česku přinesla kniha publikovaná Brázdilem, Trnkou a kol. (2015). Zprávy o uplynulém suchu vydává pod ČHMÚ například Daňhelka a kol. (2015), Daňhelka a kol. (2019) nebo Čekal (2018). Dále je v souvislosti s hydrologickým suchem vytvářeno mnoho strategií a adaptačních plánů, které mají za cíl alespoň částečně eliminovat vzniklé škody. Za zmínku stojí například online systém pro zvládání sucha HAMR, který funguje na bázi propojení několika modelů, které společně utváří pravděpodobný vývoj hydrologické situace (Vizina a kol. 2018). Ze zahraničních autorů se problematice sucha věnují například Tallaksen, Van Lanen a kol. (2004), Hasan a kol. (2019), Nabih a kol. (2021), Mishra, Singh (2010) nebo Bachmair a kol. (2016). Tito autoři hovoří o suchu jako o přírodním riziku, které způsobuje významné škody a nahlíží na problematiku sucha komplexně. Velmi významnou rešeršní práci vypracoval také Van Loon (2015). V ní jsou souhrnně představeny definice jednotlivých autorů, odlišná vymezení sucha a rozdílné způsoby hodnocení. Samotné definice sucha, která je velmi komplikovaná, se věnovali například Dracup, Lee, Paulson (1980), Wilhite, Glantz (1985), Tallaksen, Madsen, Clausen (1997), Hisdal, Tallaksen (2000) nebo Van Loon, Van Lanen (2012).

S problematikou sucha jsou spojeny ztráty vody v povodí. Jedná se v hydrologii o velmi významné téma, které nabývá na důležitosti ve vztahu s klimatickou změnou. Čeští i zahraniční autoři se zaměřují především na evapotranspiraci jako na fenomén, který může značně ovlivnit vývoj sucha v povodí. Význam evapotranspirace v hydrologické bilanci povodí zkoumali například Kofroňová (2014) či Šereš (2011). Macounová (2007) a Machů (2014) se poté zabývaly především problematikou určování evapotranspirace. Tématu evapotranspirace se věnoval také Matějka (1995), který se zaměřil na vliv jednotlivých meteorologických činitelů. V roce 2005 vyšel také významný sborník z mezinárodního vědeckého semináře zabývající se evapotranspirací (Rožnovský, Litschmann 2005). Ze zahraničních autorů se evapotranspiraci věnovali například Allen a kol. (1998), Wallace a kol. (1999), Penman (1948), Gash,

Shuttleworth (2007), Hargreaves, Samani (1985), Jensen, Burman, Allen (1990) nebo Hargreaves, Samani (1982).

S evapotranspirací je úzce spjata také problematika výparu z volné vodní hladiny, kterou se v Česku podrobně zabývá například Šuhájková a kol. (2019), která vytvořila aktualizaci empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny na základě pozorování výparu ve stanici Hlasivo. Přestože je přímé měření výparu poměrně komplikované a není tak časté, velká část prací týkající se výparu z volné vodní hladiny se zaměřuje především na její přímé měření. Problematickou výparu z volné vodní hladiny se v Česku zabývá například Beran a kol. (2019) nebo Šuhájková a kol. (2019). Ze zahraničních autorů se problematikou výparu z volné vodní hladiny zabývá například Szeicz, Long (1969), Allen a kol. (1998), Gash, Shuttleworth (2007) nebo Penman (1948).

Mezi přirozené ztráty vody v povodí patří také infiltrace. Toto téma však oproti evapotranspiraci není analyzováno v takové míře. V Česku se infiltrací zabývá například Duben (2014), který analyzuje tuto problematiku ve vztahu k modelování odtoku. Kategorizací infiltrační kapacity půd se zabývali Janglová, Kvítek a Novák (2003). Ze zahraničních autorů lze zmínit například autory Cheng a kol. (2021), Mu a kol. (2015), Philip (1969) nebo Horton (1933).

V rámci popisu hydrologického režimu povodí Loučenského potoka a Bouřlivce byla v závěrečné práci vypočítána hydrologická bilance. Jejím systematickým sestavováním se v Česku zabývá například ČHMÚ (například Vlnas a kol. 2020). Významnou práci na téma hydrologické bilance napsal například Vizina a kol. (2017). Vodní bilanci, jejíž součástí je i hydrologická bilance, každoročně vypracovává podnik Povodí Ohře. Dle zjednodušeného vztahu byla v práci pomocí ročních srážkových úhrnů a odtokových výšek pro jednotlivé roky vypočtena evapotranspirace (výpar). Zároveň byl na základě hydrologické bilance vypočítán koeficient odtoku. Procentuálně oteklo nejméně srážek v roce 2020, kdy měl koeficient odtoku hodnotu 20 %. Dle hydrologické bilance byla tedy v roce 2020 zaznamenána nejvyšší ztráta vody výparem. Při interpretaci výsledků je však nutné poznamenat, že odtokové výšky jsou ovlivněny dotacemi (ale i odběry) vody. Ty na Loučenském potoce tvořily v letech 2015 až 2019 až 61 % celkového ročního odtoku z povodí. Na Bouřlivci tvoří dotace z tohoto období pouze 5 % až 13 % celkového ročního odtoku. Bez dotací vody by tedy odtokové výšky na limnigrafech byly nižší, vypočtená evapotranspirace by vycházela vyšší a koeficient odtoku nižší. Předpoklad, že je veškerá voda z dotací zaznamenána na limnigrafech v Duchcově a Lahošti je ovšem mylný, jelikož na tocích dochází k mnoha odběrům a odtokům vody.

Takto zjednodušenou rovnici pro výpočet hydrologické bilance využil také například Tyl a kol. (2021). Dle Bruthanse a kol. (2020) je evapotranspirace nejvýznamnějším členem hydrologické bilance v Česku, který odvádí vodu pryč z povodí. Na základě dlouhodobých řad pozorování ČHMÚ z let 1970–2000 dosahuje evapotranspirace v horských oblastech 50 % úhrnu srážek a v nížinách je to až přes 90 % úhrnu srážek (Bruthans, Soukup (2011), Oulehle (2019)). Pouze zbývající procenta odpovídají odtoku podzemní a povrchovou vodou. V této práci dosahovala evapotranspirace až 80 % úhrnu srážek. Vlivy infiltrace, různých převodů vody či zásob vody v povodí byly pro výpočet evapotranspirace zanedbány. Vlivy infiltrace, převodů vody a ztrát vody výparem z volné vodní hladiny (jako součásti evapotranspirace) byly podrobně popsány zvlášť.

Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny byla v zájmovém území vypočtena ze vztahu na základě teploty vzduchu. Vzorce s využitím podrobnějších klimatických veličin ovlivňující výpar dávají přesnější výsledky, ale tyto veličiny nejsou na dostupných meteorologických stanicích měřeny. Účelem této práce bylo poskytnout přibližný odhad, pro který je vztah vyhovující. Přestože se hodnoty výparu z volné vodní hladiny v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce vlivem malého zastoupení vodních ploch mohou zdát jako zanedbatelné, během podélného profilování průtoků bylo zjištěno, že výpar z vodní hladiny může mít výrazný vliv na odtok, a to především v suchém období. V této práci byl tedy často využíván výpar z volné vodní hladiny přepočtený na průtok pro zjištění vlivu výparu z vodní plochy na ztrátu vody v rybnících a rybničních soustavách. U většiny odběrů vody do rybníků a rybničních soustav v letním období se vrací značně menší množství vody zpátky do toku, jelikož je voda spotřebována na výpar z vodní hladiny. Tento přepočet na průtok ve své práci využívá například Beran a kol. (2019). Významný vliv na ztráty vody má také evapotranspirace z přilehlých lužních porostů, které svými kořenovými systémy dosahují do úrovně hladiny podzemní vody, která je v okolí vodních ploch nízko pod povrchem. O problematice výparu v letním období blízké se potenciální evapotranspiraci z oblastí, které mají hladinu podzemní vody tak blízko povrchu terénu, že je dostupná pro kořeny vegetace, píše Bruthans a kol. (2020).

Výpočet výparu z volné vodní hladiny dle Šuhájkové a kol. (2019) využil ve své práci také Beran a kol. (2019). Ten se zaměřil na vliv ztráty vody výparem z rybniční soustavy jižních Čech a na dopady na celkový odtok z povodí Lužnice. Vliv výparu z vodních ploch na povodí Lužnice na celkový odtok z povodí je vlivem vysokého zastoupení vodních ploch značný. Přestože se v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce nachází řada významných vodních ploch, jejich rozsah a plošné zastoupení je mnohem menší než na povodí Lužnice. Vlivem toho má také výpar z vodních ploch menší vliv na celkový odtok z povodí. Na obou povodích

(Lužnice a Loučenského potoka a Bouřlivce) je však zaznamenán stejný trend. V posledních letech byl dle dat zaznamenán nárůst teploty vzduchu (a s tím nárůst výparu z vodní hladiny), který není nahrazován vyššími úhrny srážek, jejichž velikost stagnuje.

S výparem z vodní plochy je nutné počítat také u budoucích rekultivací, které jsou v povodí plánovány. Po ukončení činnosti lomu Bílina je v plánu jeho hydrická rekultivace (podobně jako u bývalého lomu Barbora a Ležáky). Z dostupných dat je však pravděpodobné, že na takto rozsáhlé vodní ploše bude docházet k výraznému výparu z vodní plochy, která nebude nahrazována úhrny srážek. Případná hydrická rekultivace by měla být provedena za pomoci vody z Radčického potoka. Z dostupných informací o průtocích se však tato možnost zdá jako téměř nereálná a neudržitelná.

Dále byla v práci analyzována infiltrace toku, jako jedna z možných ztrát vody v povodí. Infiltrace byla posouzena bez jakéhokoli přímého měření infiltrace a jedná se spíše o obecný popis situace, který v povodí panuje. V rámci terénního hydrometrování byly zjištěny nízké pozvolné ztráty průtoku vodních toků. Lze předpokládat, že v horních částech toku v oblasti krystalinika bude docházet k nižší infiltraci než ve spodních částech toku v pánvi, která je tvořena více propustnými sedimenty. V určitých částech toku ale dochází k narušení infiltrace či k jejímu úplnému zamezení. Tyto pozvolné ztráty průtoku však není možné snížit, jelikož by muselo dojít k vytvoření nepropustných koryt v mnohakilometrových úsecích. Naopak při neuvážené likvidaci existujících nepropustných úseků vodních koryt při revitalizaci může dojít k prohloubení ztrát. V tomto antropogenně ovlivněném povodí většina infiltrované vody mizí do umělých sníženin důlních jam.

V praktické části závěrečné práce je nejdříve analyzováno hydrologické sucho v roce 2020 na Loučenském potoce a Bouřlivci. Tato konkrétní analýza byla vytvořena pro určení hydrologické situace, která panovala při terénním měření. Bylo zjištěno, že rok 2020 byl v důsledku kumulativních příčin z předchozích let pro většinu využitých parametrů nejvíce suchým rokem z celé řady pozorování. V rámci podélného profilování průtoků bylo tedy možné naměřit i extrémně suché periody. Významnější suché období bylo zaznamenáno na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce. K vyhodnocení hydrologického sucha byla využita řada parametrů. Prvním parametrem použitým v této práci jsou průměrné roční průtoky z celé řady pozorování. Z těchto dat lze porovnat roční průměrný průtok v hydrologickém roce 2020 s roky předchozími. Poté se s roky předchozími porovnává počet suchých dní v hydrologickém roce 2020. Dále je zkoumán samotný rok 2020 a průběh křivky průměrných denních průtoků na obou limnigrafech. K určení intenzity suchých období slouží v této práci nedostatkové objemy. K určení suchého období byla použita především hodnota průtoků Q_{355d} , ale byly využity také

hodnoty Q_{364d} , Q_{330d} a Q_{300d} . Díky využití více prahových hodnot je zřetelné, jak je výběr vhodné prahové hodnoty významný. Podobné hodnocení hydrologického sucha bylo využito v řadě prací zabývajících se hydrologickým suchem. Hodnocení na základě průměrných ročních průtoků, počtu suchých dní i nedostatkových objemů ve své práci využil například Burian (2019), Korejs (2018), Vlach (2019) nebo také autor ve své bakalářské práci (Junková 2019). Tyto metody jsou také běžně využívané ČHMÚ (například Daňhelka a kol. (2015), Daňhelka a kol. (2019) nebo Čekal (2018)).

Hydrologické sucho v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce bylo analyzováno na základě dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře. Jistou nevýhodou těchto dat je jejich krátká řada, která je dostupná až od hydrologického roku 2006. Vlivem toho není možné porovnat hydrologický rok 2020 v delším časovém rozmezí. Dále nebylo kvůli příliš krátké řadě dat možné vypočítat prahové hodnoty na základě referenčního období 1981 až 2010. Prahové hodnoty byly pro tuto práci vypočteny z dostupných dat od hydrologického roku 2006.

V roce 2020 se však hydrologické sucho nevyskytovalo pouze v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Přestože do doby dokončení závěrečné práce nevzniklo mnoho odborných publikací hodnotící suché období v roce 2020, jisté údaje již byly zaznamenány. Aktuální informace o suchu v Česku jsou vždy dostupné na portálu intersucho.cz. V květnu roku 2020 pak vyšla hodnotící zpráva o dosavadním stavu a vývoji sucha v Česku (Crhová a kol. 2020). Na sucho reagovalo také Ministerstvo životního prostředí (Ministerstvo životního prostředí 2020) nebo ředitel ČHMÚ (Host Lucie Výborné 2020). Všechny tyto zdroje se shodují v tom, že rok 2020 navazuje na předešlé suché období a že dochází k postupnému prohlubování suché periody.

Další využitou metodou v praktické části diplomové práce byla metoda podélného profilování průtoků. Podobnou metodu podélného profilování průtoků použil ve své práci například Bruthans a kol. (2020), který průtok měřil pomocí metody stopovačů. Hlavním cílem podélného profilování průtoků bylo zajištění informací pro možnou stabilizaci přítoků do vodní nádrže Všechlapy a pro zvýšení zabezpečení odběrů z vodní nádrže Všechlapy. Motivací byly zejména odběry vody, které ovlivňují množství vody ve vodní nádrži Všechlapy. Výběr měrných profilů pro podélné profilování průtoků byl stanoven tak, aby bylo měření provedeno na místě před nebo po povrchovém odběru vody. Dále bylo provedeno měření odebíraného a vraceného množství vody. Současně byla snaha provést u menších přítoků vždy alespoň dvě měření průtoků v podélném profilu. První v profilu před přítokem do zastavěných území a druhé před soutokem s Loučenským potokem nebo Bouřlivcem. Jako velmi významné ztráty vody v povodí se jeví odběry vody pro rybníky a sádky, kde se ukazuje, že dochází ke značným

ztrátám vody v celém povodí. U většiny takových odběrů se vrací značně menší množství vody zpátky do toku, jelikož je voda spotřebována na výpar z vodní hladiny a případnou evapotranspiraci z přilehlých lužních porostů. Dále způsobují významnou ztrátu vody v povodí drobní odběratelé, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Pro komplexnější přístup ke ztrátám vody v povodí byly poté analyzovány evidované odběry a dotace vod v povodí dle databáze HEIS.

Dílčím cílem podélného profilování průtoků bylo také zjištění informací pro budoucí záměry zatápění či dotování zbytkových jam, nebo pro zajištění lepších ekologických funkcí vodního toku v době nízkých až nulových průtoků.

Jednotlivé výsledky podélného profilování byly porovnány s průměrnými průtoky a specifickými odtoky, které byly vypočteny na základě dat poskytnutých podnikem Povodí Ohře. Tyto data jsou však dostupné pouze pro limnigrafy Lahošť a Duchcov. Při podélném profilování průtoků byl na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce v roce 2020 naměřen nejvyšší specifický odtok 27. května a měl hodnotu pouhých $0,81 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, což odpovídá průtoku 42 l/s. Tato hodnota je pro tento profil silně podprůměrná jak v rámci roku 2020, tak v rámci celé řady pozorování od hydrologického roku 2006. Nejnižší naměřený specifický odtok v rámci terénního měření měl na limnigrafu Duchcov hodnotu pouhých $0,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (7,2 l/s). V roce 2021 v rámci dubnového podélného měření průtoků byl pak naměřen na limnigrafu Duchcov specifický odtok $5,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, který odpovídá 259 l/s. Přestože se jedná o jednoznačně vyšší specifický odtok (a průtok) než jaký byl naměřen 27. května, jeho hodnota je stále silně podprůměrná v rámci celého sledovaného období 2006 až 2020.

Při podélném profilování průtoků na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci v roce 2020 měl nejvyšší naměřený specifický odtok hodnotu $2,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, což odpovídá průtoku 72 l/s. I tato hodnota je silně podprůměrná jak v rámci roku 2020, tak v rámci celé řady pozorování. V roce 2021 v rámci dubnového podélného profilování průtoků byla naměřena hodnota specifického odtoku $12,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, což odpovídá průtoku 419 l/s. Tyto hodnoty jsou již vyšší než průměrné hodnoty vypočtené z dostupných dat. Nejnižší naměřený specifický odtok na limnigrafu Lahošť v rámci terénního měření měl hodnotu $0,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ a odpovídá 3,8 l/s.

Takto nízké specifické odtoky, které dosahující velmi nízkých hodnot až $0,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ nejsou v literatuře příliš běžné. Takovéto hodnoty jsou považovány za extrémně nízké a spojují se často s razantním snížením průtoku či vysycháním toku. Podobné průtoky ve své práci naměřil například Bruthans a kol. (2020). Podle této práce, pokud bude v budoucnu dále narůstat teplota vzduchu nebo počet tropických dní, lze předpokládat, že ztráty vodnosti budou

četnější a projeví se též na dalších tocích. Častější bude také úplné vysychání toků, které bylo také zaznamenáno v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce.

V práci byly také průtoky na limnigrafech Duchcov a Lahošť porovnávány s prahovými hodnotami. U podélného profilování průtoků z května, července i září byly zaznamenány hodnoty průtoků nižší než Q_{364d} .

Metoda podélného profilování průtoků se však v literatuře často používá také v souvislosti s podpovrchovými vodami. Z výsledků takto provedené analýzy je možné určit charakteristická místa, kde dochází k průniku povrchové vody infiltrací do podzemí, nebo naopak místa, která mají vliv na přírodní odvodňování podzemní vody do vodního toku (Starý 2005). V tomto případě však měrné profily musí být umístěny především v páteřním toku a co nejblíže u sebe. Při hodnocení propojení povrchových a podpovrchových vod také dochází k měření pouze v bezsrážkových obdobích. V případě této diplomové práce však byla cíleně využita různá hydrologická období. Tuto metodiku v souvislosti s podpovrchovými vodami ve své práci využil například Eckhardt a kol. (2020), Slavík (1980) nebo Pelikán, Slavík (2012) a byla také využita při karotážním měření a pořizování hydrogeologických dat pro hydraulický model pro projekt Turów (ČGS 2018). Nejznámějšími publikacemi jsou práce F. Slepíčky (například Slepíčka (1971), Sarga, Slepíčka (1985) nebo Kněžek, Slepíčka (1982).

V rámci podélného profilování průtoků je nutné zvážit při vyhodnocování výsledků určité nejistoty měření. Jedinou metodou, při které dochází k přesnému určení nejistoty je metoda měření průtoků pomocí FlowTrackeru. U ostatních metod je nutné počítat s nejistotami, které však nelze kvantifikovat. Vysoké míry nejistoty byly dány především nízkými průtoky, nevhodným prouděním či nevhodným tvarem koryta. V některých případech bylo měření také zatíženo ovlivněním hydrologického režimu především dolního toku vypouštěním vod.

Určité nejasnosti se vyskytovaly také v datech z databáze HEIS. Přestože jsou v některých oblastech zaznamenány pouze odběry, je velmi pravděpodobné, že ve stejné oblasti dochází také v následném vypouštění vody zpět do toku. Tyto dotace však v databázi nejsou zaznamenány. Jedná se například o vodu odebranou pro koupaliště. Dle povodí Ohře (2020) také například ÚV v Meziboří slouží k zajištění výroby pitné vody pro potřeby Severočeské vodárenské soustavy v Ústeckém kraji. Zásobuje pitnou vodou mimo jiné města Most, Litvínov, Duchcov, Teplice, a částečně i krajské město Ústí nad Labem. Tento odběr však nebyl v databázi HEIS zaznamenán a není možné ho tedy kvantifikovat.

Určité zkreslení a snížení přesnosti můžou způsobovat také krátké datové řady klimatických dat s řadou chybějících hodnot způsobených výpadky v měření s dobou trvání od

jednoho dne až po více než jeden měsíc. Takto jsou postiženy především časové řady teploty vzduchu.

11 Závěr

Závěrečná práce si kladla za cíl především vyhodnotit ztráty vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce a popsat možnosti jejich snížení v období hydrologického sucha. Nejprve je provedena literární rešerše hydrologického sucha a přirozených ztrát vody v povodí. Poté je představena podrobná fyzickogeografická charakteristika povodí. Následně je v práci vyhodnoceno hydrologické sucho v roce 2020 v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce za pomoci průměrných ročních průtoků, počtu suchých dní a nedostatkových objemů. Z hodnocení hydrologického sucha vyplývá, že sucho bylo ve vybraném roce v důsledku kumulativních příčin z předchozích let pro většinu využitých parametrů nejvíce výrazné z celé řady pozorování. V rámci terénního šetření bylo tedy možné naměřit extrémně suché periody. Významnější suché období bylo zaznamenáno na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce.

V praktické části byly identifikovány ztráty vody na základě podélného profilování průtoků a evidovaných odběrů vody. Měření průtoků proběhlo celkem na 43 profilech v pěti odlišných hydrologických podmínkách se zaměřením na suché období. Jako zásadní ztráty vody v povodí se dle výsledků jeví odběry vody pro rybníky, rybníční soustavy a sádky, kde se ukazuje, že dochází ke značným ztrátám vody v celém povodí vlivem výparu z vodní hladiny a evapotranspirace z přilehlých lužních porostů. Dále způsobují významnou ztrátu vody v povodí drobní odběratelé, kteří čerpají vodu pro svou potřebu. Byť se tyto odběry malého množství vody mohou jevit jako zanedbatelné, v jejich součtu v extrémně suchém období zanedbatelné nejsou. Dalšími významnými odběry vody jsou také odběry vody evidované. Připustíme-li však, že všechny stávající odběry do provozů jsou potřebné a neplývá se s nimi, tak tyto odběry nelze nijak snížit či omezit.

Na základě výsledků této práce byl vypracován návrh pravidel pro odběry vody v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce. Tato pravidla pak mohou posloužit podniku Povodí Ohře jako vhodný podklad pro snižování odběrů vody především v období hydrologického sucha.

12 Seznam použité literatury a zdrojů

- ALLEN, R. G. a kol. (1998): Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO. Rome.
- BACHMAIR, S. a kol. (2016): Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 3 (4), 516–536.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s.
- BERAN, A. (2019): Pozorování výparu z vodní hladiny ve VÚV TGM. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 61 (4), 42–43.
- BERAN, A. a kol. (2019): Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 61 (4), 12–18.
- BERAN, A., VIZINA, A. (2013): Odvození regresních vztahů pro výpočet výparu z volné hladiny a identifikace trendů ve vývoji měřených veličin ve výparoměrné stanici Hlasivo. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 55 (4).
- BLAŽEK, V. a kol. (2006): Voda v České republice. Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, Praha.
- BLINKA, P. (2002): Metoda hodnocení sucha. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2002): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě, 32–44.
- BLINKA, P. (2009): Klimatologické hodnocení sucha na území Čech a Moravy v letech 1875–2002. Disertační práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha.
- BOS, M. G., VOS, J., FEDDES, R. A. (1996): A simulation model on Crop Irrigation Water Requirements. Wageningen: ILRI publication 46, 117.
- BRABCOVÁ, K. (2016): Revitalizace pravobřežního přítoku Bouřlivce od Domaslavic a měření jakosti vody vodního toku. Bakalářská práce. Fakulta životního prostředí, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem.
- BRÁZDIL, R., TRNKA, M. a kol. (2015): Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, V.V.I., Brno.
- BRUTHANS, J. a kol. (2020): Příčina prudkého snížení průtoků některých menších toků ve středních Čechách v létě 2019 a extrémně nízkých specifických odtoků: vliv evapotranspirace

z příbřežní zóny toku a ploch s mělkou hladinou podzemní vody. *Geoscience Research Reports*, 53, 47–54.

BRUTHANS, J., SOUKUP, J. (2011): Vyhodnocení některých parametrů, návrh úprav regionalizace základního odtoku a poznámky k metodice stanovení přírodních zdrojů. MS Česká geologická služba.

BUČIL, P. (2002): Ani s vodou v lomu se dobývat nedá. In: LUXA, J. a kol. (2002): Doly Bílina – Historie posledního a největšího lomu na Bílinsku. Teplice, 134–138.

BURIAN, A. (2019): Hydrologické sucho v povodí Loděnice. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

BURIAN, A. (2021): Hydrologické sucho v kontextu změny klimatu: Případová studie v povodí Blšanky a Loděnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

CULEK, M. a kol. (2013): Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita, Brno.

CRHOVÁ, L. a kol. (2020): Stav a vývoj sucha v Česku. Hodnotící zpráva k jednání Národní koalice pro boj se suchem. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné na: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2020/Stav_a_vyvoj_sucha-kveten_2020.pdf (cit. 20. 7. 2021).

ČEKAL, R. (2018): Vývoj sucha od roku 2014 a jeho vyhodnocení za září 2018, Dostupné na: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2018/Hodnoceni_sucha_2014_2018_MS_JD_RC.pdf (cit. 8. 4. 2019)

ČGS (2018): Technická specifikace Karotážní měření a pořízení hydrogeologických dat pro hydraulický model – projekt Turów – II. etapa průzkumná. Dostupné na: <https://www.etendry.cz/detail/306492-Geofyzikalni-mereni-pro-projekt-Turow-%E2%80%93-II-etapa-pruzkumna.html> (cit. 1. 7. 2021).

ČHMÚ (2019): Sucho. Dostupné na: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#> (cit. 27. 2. 2019).

ČHMÚ (2021): Hydrogeologické rajóny. Dostupné na: <https://hydro.chmi.cz/hydro/index.php?wmapp=WEBAPP&wmap=hgr50> (cit. 1. 7. 2021).

DAÑHELKA, J (2007): Operativní hydrologie: Hydrologické modely a nejistota předpovědí. Vydal Český hydrometeorologický ústav v Praze.

DAÑHELKA, J. a kol. (2015): Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015.

Dostupné na:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_CHMU_prosinec.pdf (cit. 27. 2. 2019).

DAÑHELKA, J. a kol. (2019): Předběžná zpráva o suchu 2018. Dostupné na:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2019/Predbezna_zprava_o_suchu_2018.pdf (cit. 26. 3. 2019).

DAVIE, T., QUINN, N.W. (2019): Fundamentals of Hydrology. Routledge.

DEMEK, J. a kol. (1965): Geomorfologie českých zemí. Nakladatelství ČSAV, Praha.

DEMEK, J. a kol. (2015): Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

DRACUP, J. A., LEE, K. S., PAULSON JR, E. G. (1980): On the definition of drought. Water resources research, 16 (2), 297–302.

DUBEN, J. (2014): Modelování odtoku pomocí metod SCS CN a Green Ampt v povodí ostrovské Bystřice v Krušných horách. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK.

ECKHARDT, P., ROZMAN, D., HRKAL, Z., NOL, O. (2020): Výzkum významných zdrojů česko-saských přeshraničních podzemních vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 62 (5), 10–14.

EKEU-WEI, T. I., BLACKBURN, A. G., PEDRUCO, P. (2018): Infilling Missing Data in Hydrology: Solutions Using Satellite Radar Altimetry and Multiple Imputation for DataSparse Regions. Water, 10(10), 1–3.

ESTRELA, T. a kol. (2001): Extreme hydrological events: floods and droughts. Environmental issue report. Sustainable water use in Europe, Part 3. European Enviroment Agency.

FEDOR, F., ŘÍHA, J., STŘEDA, P. (2016): Poznatky ze zkušebního provozu ÚV v Meziboří. Sborník konference Pitná voda 2016. W&ET Team, České Budějovice.

FEYEN, L., DANKERS, R. (2009): Impact of global warming on streamflow drought in Europe. Journal of geophysical research, 114 (17), 1–17.

FIALA, T. (2011): Vývoj nedostatkových objemů a průměrných malých průtoků v České republice. Disertační práce. Katedra Fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

FIALOVÁ, P. (2015): Interakce podzemní a povrchové vody za extrémních hydrologických situací v nivě horní Lužnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

FOUSOVÁ, E. a kol. (2020): Zpráva o stavu hospodaření České republiky v roce 2019. Odbor ochrany vod, Ministerstvo životního prostředí, Praha. Dostupné na: http://eagri.cz/public/web/file/661103/Modra_zprava_2019_web.pdf (cit. 1. 7. 2021).

FOUSOVÁ, E., REIDINGER, J. a kol. (2017): Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2016. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR.

GASH, J.H.C., SHUTTLEWORTH, W.J. (2007): Evaporation. Wallingford: IAHS Press.

GERIŠ, R., KOSOUR, D. (2018): Změny v chemismu a biologii mezotrofní nádrže po mimořádném snížení hladiny. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2018, 4, 24–30.

HARGREAVES, G. H., SAMANI, Z. A. (1982): Estimating potential evapotranspiration. Journal of the irrigation and Drainage Division 108 (3), 225–230.

HARGREAVES, G. H., SAMANI, Z. A. (1985): Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied engineering in agriculture 1 (2), 96–99.

HASAN, H., H., RAZALI, S., F., M., MUHAMMAD, N., S., AHMAD, A. (2019): Research Trends of Hydrological Drought: A Systematic Review, Water, 11(2252), 19.

HENDRIKS, M.R. (2010): Introduction to Physical Hydrology. Oxford University Press.

HISDAL, H., TALLAKSEN, L. M. (2000): Drought event definition. Technical Report to the ARIDE project, Oslo, 6.

HORTON, R. E. (1933): The role of infiltration in the hydrologic cycle. Eos, Transactions American Geophysical Union 14 (1), 446–460.

HOST LUCIE VÝBORNÉ [rozhlasový pořad] (2020): Šéf hydrometeorologického ústavu: Zažíváme už šestý rok sucha, pro zásoby podzemních vod je klíčová zima. Dostupné na: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/sucho-v-cr-2020-vyhled-pocasi-chmu-mark-rieder_2008301628_ako (cit. 14. 7. 2021).

- CHÁBERA, S., KÖSSL, R. (1999): Základy fyzické geografie (přehled hydrogeografie). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, České Budějovice.
- CHENG, Q. a kol. (2021): Water infiltration in a cracked soil considering effect of crying-wetting cycles. *Journal of Hydrology*, 593, 125640.
- CHLUPÁČ, I. a kol. (2011): Geologická minulost České republiky. Academia, Praha.
- IPCC (2018): Global warming of 1,5 °C. Dostupné na: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (8. 3. 2019).
- JANGLOVÁ, R., KVÍTEK, T., NOVÁK, P. (2003): Kategorizace infiltrační kapacity půd na základě geoinformatického zpracování dat půdních průzkumů. *Soil and water*, 2003 (2), 61–82.
- JENSEN, M. E., BURMAN, D. R., ALLEN, R. G. (1990): Evapotranspiration and irrigation water requirements, American Society of Civil Engineers, New York.
- JONÁŠ, M. (2020): Hydromorfologický průzkum jako podklad pro návrh revitalizačních opatření vodních toků v intravilánech. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.
- JUNKOVÁ, A. (2019): Hydrologické sucho na Lužnici v roce 2018. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.
- KLADIVO, P. (2013): Základy statistiky. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta, 49 s.
- KNĚŽEK, V., SLEPIČKA, F. (1982): Polická pánev PLR, prostorový režim OKrA – dílčí zpráva. Vodní zdroje. Praha. 96 s.
- KOFRONOVÁ, J. (2014): Význam evapotranspirace v hydrologické bilanci malého povodí. Bakalářské práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie. PřF UK, Praha.
- KOHUT, M. (2005): Referenční evapotranspirace. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2005): Evaporace a evapotranspirace: Sborník z mezinárodního vědeckého semináře. ČHMÚ, Brno, 25–38.
- KOREJS, T. (2018): Interakce podzemní a povrchové vody v době hydrologického sucha v nivě horní Lužnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.
- KRÚPA, T. (2018): Komplexní zhodnocení a význam těžby K 10 000/K74 na Dolech Bílina. Bakalářská práce. Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

- KŘIVÁNKOVÁ, D. (2009): Zhodnocení břehových porostů Bouřlivce v ř. km 11.880–12.650. Diplomová práce. Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
- KŘIVÁNEK, J., NĚMEC, J., KOPP, J., KYZLÍK, P. (2014): Drobné vodní toky v České republice. 1. vyd., Consult, Praha, 296 s.
- KŘÍŽ, H. (1966): Výpar v povodí Moravy a Horní Odry. In: Sborník prací Hydrometeorologického ústavu Československé socialistické republiky. Praha: ČHMÚ, sv. 8, s. 34–58. In: ROŽNOVSKÝ, J. a kol. (2018): Vláhová bilance – ukazatel vody v krajině. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 60 (3), 12–17.
- KUTÍLEK, M. (1978): Vodohospodářská pedologie. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- KVĚTOŇ, V., VOŽENÍLEK, V. (2011): Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci.
- LEE, S. O., JUNG, Y. (2018): Efficiency of water use and its implications for a water-food nexus in the Aral sea basin. *Agricultural Water Managment*, 207, 80–90.
- LITSCHMANN, T. (2005): Srovnání výpočetních metod potenciální evapotranspirace. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2005): Evaporace a evapotranspirace: Sborník z mezinárodního vědeckého semináře. ČHMÚ, Brno, 47–58.
- MACKOVČIN, P. (1999): Chráněná území ČR. Ústecko. Svazek I. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, ARTEDIT, Praha, 350 s.
- MACOUNOVÁ, A. (2007): Problematika určení evapotranspirace. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha.
- MAGILLIGAN, F. J., NISLOW, K. H. (2005): Changes in hydrologic regime by dams. *Geomorphology*, 71, 1–2, 61–78.
- MACHŮ, B. (2014): Metody stanovení potenciální evapotranspirace a jejich porovnání. Bakalářská práce. Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita.
- MALÝ, A. (2009): Vliv rozdílného využití krajiny na srážko-odtokový proces v experimentálních povodích Zbytiny. Diplomová práce. PřF UK, Praha.
- MAROUŠKOVÁ, K. (2016): Projevy a dopady hydrologického sucha v povodí Rakovnického potoka. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

MATĚJKA, F. (1995): Vplyv meteorologických činitelov na evapotranspiráciu. Meteorologické zprávy, 48 (3), 87–90.

MATĚJKA, F., HURTALOVÁ, T. (2005): Vzťah medzi potencialnou a referenčnou evapotranspiráciou. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2005): Evaporace a evapotranspirace: Sborník z mezinárodního vědeckého semináře. ČHMÚ, Brno, 39–46.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (2020): Sucho 2020: Situace po zimě je kritická, MŽP pošle letos na boj se suchem dalších až 6 mld. Kč, klíč je v zadržování vody. Dostupné na: https://www.mzp.cz/cz/news_20200429-situace-po-zime-je-kriticka-MZP-posle-letos-na-boj-se-suchem-dalsich-az-6-mld-Kc (cit. 14. 7. 2021).

MISHRA, A. K., SINGH, V. P. (2010): A review of drought concepts. Journal of hydrology, 391, 202–216.

MONTEITH, J. L., UNSWORTH, M. H. (1990): Principles of Environmental Physics. London: Edward Arnold, 291.

MOŽNÝ, M. (2003): Automatizace měření výparu z volné vodní hladiny. Meteorologické zprávy, 56 (5), 150–155.

MOŽNÝ, M. (2005): Problematika měření evapotranspirace v ČHMÚ. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2005): Evaporace a evapotranspirace. Sborník z mezinárodního vědeckého semináře. ČHMÚ, Brno, s. 7–10.

MU, W. a kol. (2015): Effects of rainfall intensity and slope gradient on runoff and soil moisture content on different growing stages of spring maize. Water, 7, 6, 2990–3008.

MUSIL, J. (2015): Extremita odtoku v povodí horní Lužnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha.

NABIH, S., TZORAKI, O., ZANIS, P., TSIKERDEKIS, T., AKRITIDIS, D., KONTOGEORGOS, I., BENAABIDATE, L. (2021): Alteration of the Ecohydrological Status of the Intermittent Flow Rivers and Ephemeral Streams Due to the Climate Change Impact (Case Study: Tsiknias River). Hydrology, 8(43), 26 s.

NDMC (2019): Drought in-depth. National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth.aspx> (27. 2. 2019).

NĚMEC, J., KOPP, J. a kol. (2009): Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu. Ministerstvo zemědělství České republiky, Consult Praha.

- NISTLER, J. (2021): Rozhovor s Ing. Zbyňkem Folkem, generálním ředitelem státního podniku Povodí Ohře. VTEI, 63(3), 52–55.
- NOVÁK, V. (1995): Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. VEDA, Bratislava, 260 s.
- OULEHLE, F. (2019): Koloběh vody a živin v lesích. Les, 8, 17–21.
- PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R., FRAJER, J. (2013): Základy hydrologie. Katedra geografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc.
- PELIKÁN, L., SLAVÍK, J. (2012): Aplikace metody postupných profilových průtoků pro vyhodnocení základního odtoku na malých povodích. Vodní hospodářství, 2012, 3, 86–91.
- PENMAN, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, vol. 193, 120–145.
- PHILIP, J. R. (1969): Theory of infiltration. Advances in hydroscience, 5, 215–296.
- POVODÍ OHŘE (2020): Úprava vody. Dostupné na:
https://www.poh.cz/assets/File.ashx?id_org=200341&id_dokumenty=3565 (cit. 9.11.2020).
- PVK (2019): Sucho zapříčinilo nárůst počtu havárií na vodovodní síti, ztráty vody na minimum, <https://www.pvk.cz/aktuality/sucho-zapricinilo-narust-poctu-havarii-na-vodovodni-siti-ztratyvody-na-minimu/> (9. 3. 2019).
- ROŽNOVSKÝ, J. (2010): Podnebí ČR a výskyty sucha,
<http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/ROZNOVSKY.pdf> (27. 2. 2019).
- ROŽNOVSKÝ, J. a kol. (2012): Sucho na území ČR a jeho dopady,
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky_sucho_230412.pdf (27. 2. 2019).
- ROŽNOVSKÝ, J. a kol. (2018): Vláhová bilance – ukazatel vody v krajině. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2018, roč. 60, č. 3, str. 12–17.
- ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2005): Evaporace a evapotranspirace: Sborník z mezinárodního vědeckého semináře. ČHMÚ, Brno.
- SANTNEROVÁ, L. (2019): Návrh řešení revitalizace přeložky Loučenského potoka v patě výsypky pokrok. Diplomová práce. Katedra environmentálního inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

SARGA, K., SLEPIČKA, F. (1985): Analýza odtoku ve vztahu k přírodním podmínkám prostředí pro racionální využití a ochranu vodního fondu. Přírodovědecká fakulta University Karlovy v Praze. Praha. 51 s.

SEMERÁDOVÁ, M. (2015): Návrh revitalizace Loučenského potoka jako východisko rekultivace výsypky Pokrok. Diplomová práce. Fakulta životního prostředí, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem.

SEVEROČESKÉ VODOVODY A KANALIZACE A.S. – ZÁVOD MOST (2004): Lom – kanalizační řád pro jednotný kanalizační systém obce Lom zakončený čistírnou odpadních vod. Dostupné na: <https://www.scvk.cz/res/sewerage/Lom.pdf> (cit. 23.6.2021).

SCHWARZ, P. (2015): Odvodňování lomu Bílina. Bakalářská práce. Institut hornického inženýrství a bezpečnosti, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

SCHWARZOVÁ, Z. (2012): Určení hydraulických parametrů vybraného kolektoru pomocí hydrodynamických zkoušek. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.

SKALICKÝ, M. (2015): Umělá infiltrace na lokalitě Káraný jako nástroj řešení nedostatku podzemní vody pro vodárenské využití. Konference Podzemní vody ve vodárenské praxi. Dostupné na: https://www.vak.cz/soubory/umela%20infiltrace_skalicky.pdf (cit. 21. 1. 2021).

SKÁLA, V. (2017): Hydrologické sucho v pramenných oblastech šumavských toků. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

SLAVÍK, J. (1980): Západomoravská křída – stanování okrajových podmínek březovského vodovodu. Regionální hydrogeologický průzkum. Geotest, Brno.

SLAVÍKOVÁ, L., PETRUŽELA, P. (2015): Povolené versus reálné odběry povrchových vod v ČR – analýza dat a institucionální kontext. VTEI, 57 (3), 1–3.

STAHL, K. (2001): Hydrological drought, study across Europe. Dizertační práce. Geowissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.

STARÝ, M. (2005): Hydrologie. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno.

SVOBODA, P. (2011): Hydrologický režim horní Lužnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha.

- SZEICZ, G., LONG, I.F. (1969): Surface resistance of crop canopies. *Water resources research* 5.3, 622–633. In: ŠUHÁJKOVÁ, P., KOŽÍN, R., BERAN, A., MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A. a HANEL, M. (2019): Aktualizace empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny na základě pozorování výparu ve stanici Hlasivo. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 61 (4), 4–11.
- ŠEDIVÁ, M. (2014): Problematika důlních vod na dole Bílina. Bakalářská práce. Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
- ŠEREŠ, M. (2011): Role evapotranspirace v hydrologické bilanci malého povodí. Bakalářská práce. Ústav pro životní prostředí, PřF UK, Praha.
- ŠUHÁJKOVÁ, P., KOŽÍN, R., BERAN, A., MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A. a HANEL, M. (2019): Aktualizace empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny na základě pozorování výparu ve stanici Hlasivo. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2019, 61 (4), 4–11.
- TALLAKSEN, L. M., MADSEN, H., CLAUSEN, B. (1997): On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume. *Hydrological sciences journal*, 42 (1), 15–33.
- TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. J. a kol. (2004): *Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater. Developments in water science*, Elsevier.
- TICHÝ, V. (2017): Hydrická rekultivace lomu ČSA. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
- TOLASZ, R. a kol. (2007): *Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav*, Praha.
- TOMÁŠEK, M. (2000): *Půdy české republiky. Český geologický ústav*.
- TOMLAIN, J. (1979): Metódy určovania potenciálneho a skutočného výparu z povrchu. *Meteorologické zprávy*. 32, 72–77.
- TREML, P. (2011): Největší sucha na území České republiky v období let 1875–2010. *Meteorologické zprávy*, 64 (6), 168–176.
- TREML, P. a kol. (2012): Vliv odběrů vody na technické zasněžování na odtokovou výšku hlavních toků v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 49, 73–87.

TRNKA, P. (2010): Možné důsledky dlouhotrvajícího sucha v naší krajině a ve světě. Ústav aplikované a krajinné ekologie AF MENDELU v Brně, http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA_1.pdf (27. 2. 2019).

TYL, R. a kol. (2021): Hydrologická bilance vybraných povodí ČR se zaměřením na suché období 2015–2019. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 63 (3), 20–28.

VAN LOON, A. F. (2015): Hydrological drought explained. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(4), 359–392.

VAN LOON, A. F., VAN LANEN, H., A., J. (2012): A process-based typology of hydrological drought. *Hydrology and Earth system science*, 16, 1915–1946.

VAN LOON, A. F., LAAHA, G. (2015): Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of hydrology*, 526, 3–14.

VESMÍR (2017): Současný stav důlních vod severočeské hnědouhelné pánve. Dostupné na: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2017/cislo-6/soucasny-stav-dulnich-vod-severoceske-hnedouhelne-panve.html> (cit. 1. 7. 2021).

VIZINA, A. a kol. (2017): Hydrologická bilance a disponibilní vodní zdroje v České republice v době hydrologického sucha. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 60 (5), 22–28.

VIZINA, A., HANEL, M., TRNKA, M., DAŇHELKA, J., GREGORIEOVÁ, I., PAVLÍK, P., HEŘMANOVSKÝ, M. (2018): HAMR: online systém pro zvládání sucha – operativní řízení během suché epizody. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 60 (5), 22–28.

VLACH, V. (2019): Hydrologické sucho v pramenných oblastech Krušných hor. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.

VLNAS, R. a kol. (2010): Časová a plošná variabilita hydrologického sucha na území České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, V.V.I., Praha.

VLNAS, R. a kol. (2020): Hydrologická bilance množství a jakosti vody České republiky v roce 2019. ČHMÚ. Dostupné na: http://voda.chmi.cz/opzv/bilance/zprava_bilance_19.pdf (cit. 21. 7. 2021).

VONDROVÁ, M. (2012): Návrh úpravy vodního toku Bouřlivec nad Mikulovem. Diplomová práce, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

WALLACE, J. S., JACKSON, N. A., ONG, C. K. (1999): Modelling soil evaporation in an agroforestry system in Kenya. *Agricultural and Forest Meteorology*, 94, 189–202.

WEBER, J. a kol. (2007): Přírodou východního Krušnohoří – Geografický přehled. Grüne Liga Osterzgebirge e.V., Dresden.

WEISS, L. (2018): Kanalizační řád pro smíšený kanalizační systém obcí Duchcov, Háj u Duchcova, Jeníkov, Lahošť, Osek, Zabušany a místní části Teplic Hudcov zakončený čistírnou odpadních vod Želénky. Dostupné na: <https://www.scvk.cz/res/sewerage/Duchcov.pdf> (cit. 24. 6. 2021).

WHITE, K. D. (2013): Nature–Society linkages in the Aral sea region. *Journal of Eurasian studies*, 4, 18–33.

WILHITE, D. A., GLANTZ, M. H. (1985): Understanding the drought phenomenon: The role of definition. *Water international*, 10 (3), 11–120.

ŽIŽKA, L. (2019): Výzkum hydrogeologických a geologických poměrů báze slatinické výsypky a technické možnosti jejího odvodnění. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

12.1 Zdroje mapových podkladů a další internetové zdroje

ARCDATA PRAHA, ArcČR 500, Digitální geografická databáze, verze 3.3. Dostupné na: <http://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccrc-500> (cit. 9.11.2020)

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Geovědní mapy 1: 50 000. Dostupné na: <https://mapy.geology.cz/geocr50/> (cit. 9.11.2020).

ČÚZK (2021): Prohlížeč služba WMS – Ortofoto. Dostupné na: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(lskvxg413z40ixovhttfel\)\)/Default.aspx?menu=3121&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZZK-WMS-ORTOFOTO-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(lskvxg413z40ixovhttfel))/Default.aspx?menu=3121&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZZK-WMS-ORTOFOTO-P&metadataXSL=metadata.sluzba) (cit. 6. 7. 2021).

DIBAVOD. Digitální báze vodohospodářských dat, VÚV TGM. Dostupné na: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27> (cit. 9.11.2020).

GEOPORTÁL ČÚZK. Archivní mapy. Dostupné na: <https://archivnimapy.cuzk.cz/uazk/pohledy/archiv.html> (cit. 16. 11. 2020).

HEIS. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. Dostupné na: <https://heis.vuv.cz/> (cit. 24.6.2021).

INTERSUCHO.CZ (2021): Dostupné na: <https://www.intersucho.cz/cz/> (cit. 20. 7. 2021)

MAPY.CZ (2021): Dostupné na: <https://mapy.cz/> (cit. 1. 2. 2021).

Seznam zkratek

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČOV – čistírna odpadních vod

ČS – čerpací stanice

HEIS – Hydroekologický informační systém VÚV TGM

IPCC – Intergovernmental panel on climate change

KS – klimatická stanice

LG – limnigraf

MVE – malá vodní elektrárna

NDMC – National drought mitigation center

PKÚ – Palivový kombinát Ústí

PVK – Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

SčVK – Severočeské vodovody a kanalizace

ÚV – úpravna vody

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 : Postup sucha od meteorologické situace po hydrologické sucho	14
Obrázek č. 2: Index aridity v Česku	22
Obrázek č. 3: Lokalizace využitých meteorologických stanic	30
Obrázek č. 4: Poloha povodí Loučenského potoka a Bouřlivce v rámci Česka.....	39
Obrázek č. 5: Geologická mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	41
Obrázek č. 6: Geomorfologická mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce.....	44
Obrázek č. 7: Mapa sklonitosti povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	45
Obrázek č. 8: Klimadiagram z KS Všechlapy.....	48
Obrázek č. 9: Klimadiagram z KS Fláje.....	49
Obrázek č. 10: Klimadiagram z KS Janov	50
Obrázek č. 11: Klimadiagram z KS Libouchec.....	50
Obrázek č. 12: Přehledová mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	52
Obrázek č. 13: Soutok přeložky Radčického potoka (vlevo; 45,9 l/s) a Loučenského potoka (vpravo; 1,5 l/s) (foceno 27. května 2020)	56
Obrázek č. 14: Loučenský potok u rybníka Leontýna v období hydrologického sucha (foceno 8. srpna 2020).....	56
Obrázek č. 15: Bouřlivec v blízkosti golfového hřiště (foceno 27. května 2020; 38 l/s).....	58
Obrázek č. 16: Přepad na Bouřlivci nacházející se mezi obcemi Mikulov a Hrob (foceno 14. července 2020; 7,8 l/s)	59
Obrázek č. 17: Rozvinutý podélný profil Bouřlivce a Loučenského potoka	60
Obrázek č. 18: Hydrologická bilance povodí Loučenského potoka po limnigraf Duchcov za hydrologické roky 2006 až 2020	61
Obrázek č. 19: Hydrologická bilance povodí Bouřlivce po limnigraf Lahošť za hydrologické roky 2006 až 2020	63
Obrázek č. 20: Koryto Lomského potoka v obci Lom	67
Obrázek č. 21: Koryto Hajského potoka – konec nepropustného opevnění koryta	68
Obrázek č. 22: Koryto Křižanovského potoka v obci Křižanov	69
Obrázek č. 23: Typické koryto Bouřlivce nacházející se mezi obcemi Hrob a Jeníkov	69
Obrázek č. 24: Mapa znázorňující oblasti se zpevněným nepropustným korytem toku, které znemožňuje infiltraci vody do podloží	70
Obrázek č. 25: Dotace vody v povodí Loučenského potoka.....	72
Obrázek č. 26: Dotace vody v povodí Bouřlivce	73

Obrázek č. 27: Topografická mapa v systému S-1952 v měřítku 1:25 000 z roku 1954, výřez Hrdlovka. Modře jsou na obrázku znázorněna původní koryta, červeně pak dnešní přeložka Loučenského potoka.....	75
Obrázek č. 28: Topografická mapa v systému S-1952 v měřítku 1:25 000 z roku 1954, výřez Hrob. Modře jsou na obrázku znázorněna původní koryta, červeně pak dnešní přeložka Bouřlivce	76
Obrázek č. 29: Pedologická mapa povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	80
Obrázek č. 30: Průměrné roční průtoky pro hydrologické roky z období 2006 až 2020 na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce.....	84
Obrázek č. 31: Průměrné roční průtoky pro hydrologické roky 2006 až 2020 na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci.....	85
Obrázek č. 32: Počet suchých dní naměřených na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce v hydrologických letech 2006 až 2020	86
Obrázek č. 33: Počet suchých dní naměřených na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci v hydrologických letech 2006 až 2020.....	87
Obrázek č. 34: Průběh hydrologického roku 2020 na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce	90
Obrázek č. 35: Průběh hydrologického roku 2020 na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci.....	91
Obrázek č. 36: Nedostatkové objemy na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce v období hydrologických let 2006 až 2020	92
Obrázek č. 37: Nedostatkové objemy na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci v období hydrologických let 2006 až 2020	93
Obrázek č. 38: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na středním toku Loučenského potoka.....	96
Obrázek č. 39: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na dolním toku Loučenského potoka.....	97
Obrázek č. 40: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 27. května 2020	98
Obrázek č. 41: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na horním toku Bouřlivce	99
Obrázek č. 42: Mapa rybníční soustavy na toku Bouřlivec za rybníkem Dub.....	100
Obrázek č. 43: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 27. května 2020 na středním toku Bouřlivce	101

Obrázek č. 44: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka	102
Obrázek č. 45: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na středním toku Loučenského potoka.....	103
Obrázek č. 46: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na dolním toku Loučenského potoka.....	104
Obrázek č. 47: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 14. července 2020	105
Obrázek č. 48: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na horním toku Bouřlivce	106
Obrázek č. 49: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 14. července 2020 na středním toku Bouřlivce	107
Obrázek č. 50: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka	108
Obrázek č. 51: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na středním toku Loučenského potoka.....	109
Obrázek č. 52: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na dolním toku Loučenského potoka.....	110
Obrázek č. 53: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 10. září 2020	111
Obrázek č. 54: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na horním toku Bouřlivce	112
Obrázek č. 55: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 10. září 2020 na středním toku Bouřlivce	113
Obrázek č. 56: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na přeložce Radčického potoka a na horním toku Loučenského potoka.....	114
Obrázek č. 57: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na středním toku Loučenského potoka.....	115
Obrázek č. 58: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 25. listopadu 2020 na dolním toku Loučenského potoka.....	116
Obrázek č. 59: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dne 26. listopadu 2020	117
Obrázek č. 60: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 26. listopadu 2020 na horním toku Bouřlivce	118

Obrázek č. 61: Mapa podélného profilování průtoků ze dne 26. listopadu 2020 na středním toku Bouřlivce	119
Obrázek č. 62: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na přeložce Radčického potoka a horním toku Loučenského potoka	120
Obrázek č. 63: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na středním toku Loučenského potoka.....	121
Obrázek č. 64: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na dolním toku Loučenského potoka.....	122
Obrázek č. 65: Schéma přítoku a odtoku z vodní nádrže v obci Mikulov ze dnů 14.–15. dubna 2021	123
Obrázek č. 66: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na horním toku Bouřlivce	124
Obrázek č. 67: Mapa podélného profilování průtoků ze dnů 14.–15. dubna 2021 na středním toku Bouřlivce	125
Obrázek č. 68: Přehledná mapa míst, na kterých probíhalo podélné profilování průtoků	128
Obrázek č. 69: Mapa odběrů a dotací dle druhu užívání v povodí Loučenského potoka a Bouřlivce	134
Obrázek č. 70: Nadvýroba z ÚV v Meziboří – průměrné roční průtoky za hydrologické roky 2006 až 2020	142
Obrázek č. 71: Nadvýroba z ÚV v Meziboří v denním sledu a její vliv na průtok na limnigrafu Duchcov za hydrologické roky 2006 až 2020	143

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Seznam meteorologických a hydrologických stanic	29
Tabulka č. 2: Vypočtené hodnoty jednotlivých prahových hodnot pro limnigrafy Lahošť a Duchcov	35
Tabulka č. 3: Hydrologická bilance povodí Loučenského potoka po limnigraf Duchcov za hydrologické roky 2006 až 2020	62
Tabulka č. 4: Hydrologická bilance povodí Bouřlivce po limnigraf Lahošť za hydrologické roky 2006 až 2020	63
Tabulka č. 5: Průměrné roční průtoky pro hydrologické roky 2006 až 2020 na limnigrafech Duchcov a Lahošť	85
Tabulka č. 6: Počty suchých dní vztažených k hodnotám Q_{300d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} na limnigrafu Duchcov na Loučenském potoce za hydrologické roky 2006 až 2020	88
Tabulka č. 7: Počty suchých dní vztažených k hodnotám Q_{300d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} na limnigrafu Lahošť na Bouřlivci za hydrologické roky 2006 až 2020	89
Tabulka č. 8: Hodnoty nedostatkových objemů a standardizovaných nedostatkových objemů pro limnigraf Duchcov na Loučenském potoce pro hydrologické roky 2006 až 2020	93
Tabulka č. 9: Hodnoty nedostatkových objemů a standardizovaných nedostatkových objemů pro limnigraf Lahošť na Bouřlivci pro hydrologické roky 2006 až 2020	94
Tabulka č. 10: Shrnutí naměřených hodnot průtoků vody při podélném profilování průtoků na Loučenském potoce. Hodnoty průtoků (Q) jsou uvedeny v l/s, hodnoty specifického odtoku (q) jsou uvedeny v $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	126
Tabulka č. 11: Shrnutí naměřených hodnot průtoků vody při podélném profilování průtoků na vodním toku Bouřlivec. Hodnoty průtoků (Q) jsou uvedeny v l/s, hodnoty specifického odtoku (q) jsou uvedeny v $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	127
Tabulka č. 12: Odběry vody dle databáze HEIS v povodí Loučenského potoka	138
Tabulka č. 13: Odběry vody dle databáze HEIS v povodí Bouřlivce	140
Tabulka č. 14: Dotace vody dle databáze HEIS v povodí Loučenského potoka	145
Tabulka č. 15: Dotace vody dle databáze HEIS v povodí Bouřlivce	146